

Министерство здравоохранения Республики Беларусь
УО «Витебский государственный медицинский университет»

М.Ф. Клименок

ФИЗИКА

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

ПОСОБИЕ ДЛЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНОГО ОТДЕЛЕНИЯ
ИНОСТРАННЫХ ГРАЖДАН

Библиотека ВГМУ



Витебск, 2011

53(07)

УДК 53:658.336.3-054.6(07)

ББК 22.3я73

К 49

Рецензенты:

заведующий кафедрой физики и высшей математики Витебской государственной академии ветеринарной медицины, кандидат биологических наук, доцент В.И. Соболевский;

доцент кафедры информационных технологий Витебского государственного медицинского университета, кандидат педагогических наук С.Л. Гараничева.

Клименок М.Ф.

К49 Физика. Практические занятия:
Витебск, ВГМУ, 2011. – 108 с.

пособие /М.Ф. Клименок, -

ISBN 978-985-466-473-3

306357

Пособие «Физика. Практические занятия» подготовлено в соответствии с учебной программой для подготовительного отделения факультета подготовки иностранных граждан. Каждое задание содержит основные теоретические формулы, контрольные вопросы, примеры решения задач по изучаемой теме, задачи для аудиторного и для домашнего решения.

УДК 53:658.336.3-054.6(07)

ББК 22.3я73

Утверждено и рекомендовано к печати (протокол № 3 от 23.03.2011) Центральным учебно-методическим Советом ВГМУ.

© Клименок М.Ф., 2011

© УО «Витебский государственный
медицинский университет», 2011

ISBN 978-985-466-473-3



ОГЛАВЛЕНИЕ

Математическое введение.

Основные математические формулы. 6

I. МЕХАНИКА

1. Кинематика

Задание 1. Скалярные и векторные величины. Проекция вектора на ось координат. 7

Задание 2. Равномерное прямолинейное движение. Относительное движение. Сложение скоростей. 9

Задание 3. Равноускоренное прямолинейное движение. Свободное падение тел. 12

Задание 4. Движение по окружности с постоянной по модулю скоростью. Контрольная работа по теме: «Кинематика». 14

2. Основы динамики

Задание 5. Законы Ньютона. Закон всемирного тяготения. Сила тяжести. 17

Задание 6. Силы упругости. Силы трения. 19

Задание 7. Динамика движения тел по наклонной плоскости. Движение механических систем. 22

Задание 8. Динамика движения по окружности. Контрольная работа по теме «Основы динамики». 24

3. Законы сохранения в механике

Задание 9. Импульс тела. Закон сохранения импульса. 27

Задание 10. Механическая работа. Мощность. Работа силы тяжести, силы упругости, силы трения. 29

Задание 11. Кинетическая и потенциальная энергии. Закон сохранения и превращения энергии. 31

Задание 12. Применение законов сохранения к неупругим и абсолютно упругим соударениям. Контрольная работа по теме: «Механическая работа и мощность. Законы сохранения». 33

4. Статика твердого тела

Задание 13. Статика твердого тела. Сложение сил. Момент сил. Условие равновесия твердого тела. 35

5. Жидкости и газы

Задание 14. Статика жидкостей и газов. Давление. Закон Паскаля. Закон Архимеда. 37

Задание 15. Атмосферное давление. Контрольная работа по темам: «Статика». 39

II. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕПЛОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ

1. Основы молекулярно-кинетической теории строения вещества. Идеальный газ

Задание 16. Молекулярная физика и термодинамика. Основные положения молекулярно-кинетической теории. 42

Задание 17. Газовые законы. Идеальный газ. Изопроцессы идеального газа. 44

Задание 18. Уравнение состояния идеального газа. Контрольная работа по теме: «Основы МТК. Идеальный газ». 46

2. Тепловые явления

Задание 19. I Закон термодинамики. Тепловые явления. Управление теплового баланса. 48

Задание 20. Свойства паров. Влажность. Контрольная работа по теме: Тепловые явления. 50

III. ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ

1. Электростатика

Задание 21. Электростатика. Законы Кулона. 52

Задание 22. Работа электрических сил. Потенциал. 55

Задание 23. Электроёмкость. Конденсаторы. Энергия электрического поля. 57

2. Законы постоянного тока

Задание 24. Закон Ома для участка цепи. Контрольная работа по теме: Электростатика. 59

Задание 25. Соединение проводников. Закон Ома для замкнутой цепи. 62

Задание 26. Работа и мощность тока. Закон Джоуля-Ленца. Ток в электролитах. 64

Задание 27. Электрический ток в газах, в вакууме и полупроводниках. Контрольная работа по теме: «Постоянный ток». 65

3. Магнитное поле. Электромагнитная индукция

Задание 28. Магнитное поле. Сила Ампера. Сила Лоренца. 68

Задание 29. Электромагнитная индукция. Явление самоиндукции. 70

IV. КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

1. Механические колебания

Задание 30. Механические колебания. Математический и пружинный маятники. Контрольная работа по теме: «Магнитное поле». 73

Задание 31. Гармонические колебания. Механические волны. 75

2. Электромагнитные колебания и волны

Задание 32. Электромагнитные колебания. Колебательный контур. Переменный ток. 77

Задание 33. Электромагнитные волны. Контрольная работа: Механические и электромагнитные колебания и волны. Переменный ток. 79

V. ОПТИКА

1. Геометрическая оптика

Задание 34. Законы геометрической оптики. Закон отражения и 81

преломления света.	
Задание 35. Линзы.	84
Задание 36. Оптические приборы. Контрольная работа по теме: «Геометрическая оптика».	87
2. <u>Элементы физической оптики</u>	
Задание 37. Волновые свойства света.	89
<u>VI. КВАНТОВАЯ ФИЗИКА</u>	
1. <u>Световые кванты</u>	
Задание 38. Законы фотоэффекта.	91
2. <u>Атом и атомное ядро</u>	
Задание 39. Атом. Атомное ядро. Радиоактивность.	93
Задание 40. Элементарные частицы. Основы дозиметрии.	95
Контрольная работа по теме: «Световые кванты. Атом и атомное ядро».	
<u>Приложения</u>	97
<u>Литература</u>	106

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ВВЕДЕНИЕ

ОСНОВНЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ФОРМУЛЫ

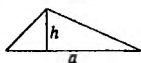
1. Некоторые формулы алгебры и геометрии

$(a \pm b)^2 = a^2 \pm 2ab + b^2$ – квадрат суммы (разности) двух чисел.

$a^2 - b^2 = (a + b)(a - b)$ – разность квадратов двух чисел.

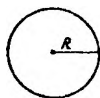
$ax^2 + bx + c = 0$ – квадратное уравнение общего вида.

$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$ – корни квадратного уравнения.



$S = \frac{1}{2} ah$ – площадь треугольника, где

a – основание треугольника;
 h – его высота.



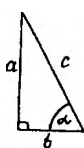
$L = 2\pi R$ – длина окружности, где
 R – радиус окружности.

$S = \pi R^2$ – площадь круга.

$S = 4\pi R^2$ – площадь сферической поверхности.

$V = \frac{4}{3} \pi R^3$ – объем шара.

Некоторые тригонометрические соотношения



$\sin \alpha = a/c$;

$\cos \alpha = b/c$;

$\operatorname{tg} \alpha = a/b$;

$\operatorname{ctg} \alpha = b/a$;

тригонометрические функции

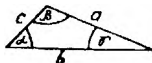
– прямоугольного треугольника, где
 a, b – катеты; c – гипотенуза.

$\operatorname{tg} \alpha = \sin \alpha / \cos \alpha$;

$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$

соотношения между тригонометрическими функциями одного аргумента.

$\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cos \alpha$ – синус двойного угла.

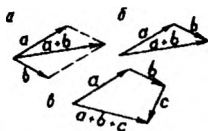


$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos \gamma$ – теорема косинусов.

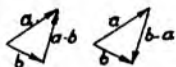
2. Некоторые значения тригонометрических функций

Функция	Угол, град (рад)					
	0	$30 (\pi/6)$	$45 (\pi/4)$	$60 (\pi/3)$	$90 (\pi/2)$	$180 (\pi)$
$\sin \alpha$	0	$1/2$	$\sqrt{2}/2$	$\sqrt{3}/2$	1	0
$\cos \alpha$	1	$\sqrt{3}/2$	$\sqrt{2}/2$	$1/2$	0	-1
$\operatorname{tg} \alpha$	0	$\sqrt{3}/3$	1	$\sqrt{3}$	-	0
$\operatorname{ctg} \alpha$	-	$\sqrt{3}$	1	$\sqrt{3}/3$	0	-

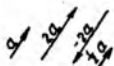
3. Элементы векторной алгебры и аналитической геометрии



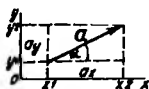
- сложение векторов (а – правило параллелограмма; б – правило треугольника; в – правило многоугольника).



- вычитание векторов.



- умножение вектора на скаляр.



$a_x = x_2 - x_1$; проецирование вектора \mathbf{a} на оси x и y , где

$a_x = a \cos \alpha$; a_x – проекция вектора на ось x ; a_y –

проекция

вектора на ось y ; x_1 и y_1 – координаты

начала вектора \mathbf{a} ; x_2 и y_2 – координаты

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a_y}{a_x}$$

конца вектора \mathbf{a} ; α – угол между вектором

и осью x .

$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$ – модуль вектора, выраженный через его проекции.

ЗАДАНИЕ №1

Тема: Скалярные и векторные величины.

Проекция вектора на оси координат.

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ:

Физические величины могут быть скалярными или векторными.

Скалярная величина (скаляр) имеет только численное значение (положительное или отрицательное). Примерами скалярных величин являются: время t , масса m , температура T , электрический заряд q и др.

Векторная величина (вектор) имеет численное значение (положительное) и направление в пространстве. Численное значение вектора называют его модулем.

Примерами векторных величин являются: скорость \vec{v} , ускорение \vec{a} , сила \vec{F} , напряженность электрического поля \vec{E} и др. Скалярные величины складываются алгебраически.

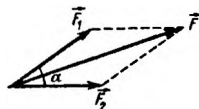
Пример. Даны три заряда: $q_1 = 2 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$, $q_2 = -7 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$ и $q_3 = 3 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$.

Тогда полный заряд системы равен
 $q = q_1 + q_2 + q_3 = 2 \cdot 10^{-9} - 7 \cdot 10^{-9} + 3 \cdot 10^{-9} = -2 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$

Векторные величины складываются геометрически (по правилу параллелограмма).

$\vec{a} + \vec{b} = \vec{c}$, где \vec{a} и \vec{b} - составляющие векторы, \vec{c} - результирующий вектор.

Начало вектора \vec{a} и начало вектора \vec{b} должны быть в одной точке, α - угол между составляющими векторами. Диагональ параллелограмма \vec{c} и есть результирующий вектор. Численное значение вектора \vec{c} равно:



$$c = \sqrt{a^2 + b^2 + 2ab \cos \alpha}$$

Пример. Сложить две силы: $F_1=3\text{Н}$, $F_2=4\text{Н}$, составляющие между собой угол 30°

Результатом сложения этих сил является сила \vec{F} . Численное значение силы F находят по теореме косинусов:

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1 \cdot F_2 \cos \alpha} = \sqrt{9 + 16 + 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 0,866} = 6,77 \text{ Н.}$$

Вычитание векторов.

$$\vec{a} - \vec{b} = \vec{c}$$

Из начала вектора \vec{a} строим вектор $-\vec{b}$, который по модулю равен вектору \vec{b} но имеет противоположное направление. Строим параллелограмм. Диагональ параллелограмма \vec{c} - результирующий вектор.

Проекцией вектора \vec{a} на ось x называется величина a_x :

$$a_x = |\vec{a}| \cdot \cos \gamma = a \cdot \cos \gamma$$

Модуль вектора $|\vec{a}|$ будем обозначать буквой a γ - угол между направлением вектора \vec{a} и осью x .

Проекции вектора \vec{a} на оси x и y можно выражать через координаты начала вектора (x_1, y_1) и координаты конца вектора (x_2, y_2) .

$$a_x = x_2 - x_1, a_y = y_2 - y_1,$$

$$|\vec{a}| = a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$$

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ:

1. Дать определения скалярным и векторным величинам. В чём заключается различие между ними?
2. Как определить модуль суммы двух векторов?

3. Как определяется проекция вектора на ось x ?
4. Как определяется проекция вектора на оси координат x, y через координаты начала и конца вектора?
5. Как, зная проекции вектора на оси координат, найти модуль этого вектора?
6. Чем отличается проекции вектора на оси координат от составляющих вектора на эти же оси?

ЗАДАЧИ ДЛЯ АУДИТОРНОГО РЕШЕНИЯ:

1. На рисунке 5 показаны перемещения пяти материальных точек. Найти проекции векторов перемещения на оси координат.

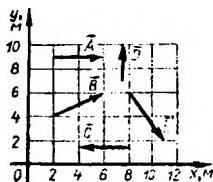


Рис. 5

2. На рисунке 6 показана траектория движения материальной точки из A в B. Найти координаты точки в начале и конце движения, проекции перемещения на оси координат, перемещение.

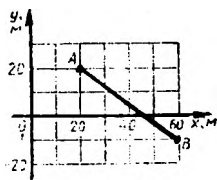


Рис. 6

3. Тело переместилось из точки с координатами $x_1 = 0\text{м}$, $y_1 = 2\text{м}$ в точку с координатами $x_2 = 4\text{м}$, $y_2 = -1\text{м}$. Сделать чертеж, найти вектор перемещения и его проекции на оси координат.

4. Вертолет, пролетев по прямой 400 км, повернул под углом 90° и пролетел ещё 300 км. Найти путь и перемещение вертолета.

ЗАДАЧИ ДЛЯ ДОМАШНЕГО РЕШЕНИЯ:

1. Катер прошел по озеру в направлении точно на северо-восток 2 км, а затем еще 1 км на север. Найти графически модуль и направление вектора перемещения.
2. На рисунке 7 показана траектория ABCD движения материальной точки A в D. Найти координаты точки в начале и конце движения, пройденный путь, перемещение, проекции перемещения на оси координат.

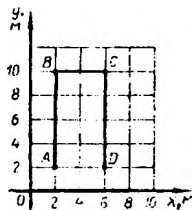


Рис. 7

ЗАДАНИЕ №2

Тема: Равномерное прямолинейное движение.
Относительное движение.

Сложение скоростей.

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ:

Линия движения материальной точки – это траектория. Расстояние, которое проходит точки по траектории, называется пройденным путём – S .

Перемещением (\vec{S}) называется вектор, который соединяет начальное положение материальной точки (А) с её конечным положением (В).

$$\vec{AB} = \vec{S}$$

Быстроту движения характеризует физическая величина – скорость.

Равномерное прямолинейное движение – это движение со скоростью, постоянной модулю и направлению: $\vec{v} = \text{const}$

$$\vec{v} = \frac{\vec{S}}{t} \text{ или } v = \frac{S}{t}$$

Скорость – отношение пути S ко времени t , за которое тело проходит этот путь. Закон движения даёт зависимость координаты x от времени t .

Для равномерного прямолинейного движения закон движения имеет вид:

$$x = \pm x_0 \pm vt, \text{ где}$$

x_0 – координата тела в начальный момент времени, v – скорость тела, t – время движения.

Если тело одновременно участвует в двух равномерных движениях, то результирующая скорость \vec{v} равна сумме \vec{v}_1 и \vec{v}_2 .

$$\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2, \text{ где } v_1 = \frac{S_1}{t_1}; v_2 = \frac{S_2}{t_2}; t_1 = t_2 = t.$$

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ:

1. Что понимают под механическим движением?
2. В чем состоит основная задача механики?
3. В каких случаях тело принимают за материальную точку?
4. Дать определение: Что такое траектория? Что такое путь? Что такое перемещение?
5. Какое движение называется равномерным?
6. Как определяется скорость равномерного движения?

ЗАДАЧА:

Скорость течения реки 1,2 м/с. По реке перпендикулярно берегу идёт катер со скоростью 3,2 м/с относительно берега. Какую скорость относительно воды должен иметь катер? Определить угол, который образует эта скорость с берега реки.

ДАНО:

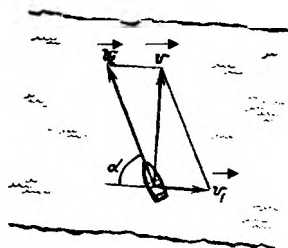
$$v_1 = 1,2 \text{ м/с}$$

$$v = 3,2$$

$$v_2 = ? \alpha = ?$$

РЕШЕНИЕ:

Движение катера сложное. Во-первых, он движется со скоростью v_2 относительно



воды, направленной под углом α к берегу реки. Эту скорость мы должны определить в задаче. Во-вторых, он движется вместе с водой со скоростью v_1 . Результирующая скорость v по условию задачи должна быть направлена перпендикулярна берегам реки и равна 3,2 м/с. Следовательно, в задаче даны результирующая скорость v и составляющая v_1 ; надо определить другую составляющую v_2 . Строим параллелограмм скоростей, в котором скорость v есть его диагональ, а скорость v_1 – одна сторона (рис.) Другая сторона параллелограмма есть скорость v_2 . Модуль скорости

$$v_2 = \sqrt{v^2 + v_1^2},$$

а её направление по отношению к берегам

$$\alpha = \arctg(v/v_1).$$

Вычисляем v_2 и α :

$$v_2 = \sqrt{(3,2)^2 \text{ м}^2/\text{с}^2 + (1,2)^2 \text{ м}^2/\text{с}^2} \approx 3,4 \text{ м} / \text{с},$$

$$\text{tg } \alpha = 2,67; \alpha = 69^\circ 30'$$

$$\hat{\alpha} : \alpha = 69^\circ 30'; v_2 \approx 3,4 \text{ м} / \text{с}$$

ЗАДАЧИ ДЛЯ АУДИТОРНОГО РЕШЕНИЯ:

1. Первый искусственный спутник земли при выходе на орбиту имел скорость 8 км/с. Какое расстояние пролетел спутник за 1,5 мин?
2. Точка движется равномерно и прямолинейно со скоростью $v = -4$ см/с. В начальный момент ($t=0$) она находилась на расстоянии $x_0=60$ см от начала отсчёта. Где будет находиться точка через 12 с после начала движения? Построить график координаты этого движения.

3. Скорость лодки относительно воды направлена перпендикулярно берегам реки и равна $v_1=9$ км/ч.

Скорость течения реки $v_p=0,70$ м/с. Ширина реки

AB = 300 м. Определить расстояние BC и результирующую скорость рис 1.

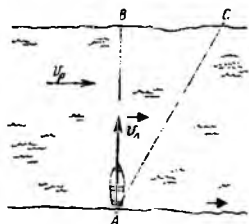


Рис. 1

4. По заданным графикам (рис. 2) написать уравнения $x=x(t)$. Из уравнений и графиков найти координаты тел через 5 с, скорости их движения, время и место встречи тел II и III.

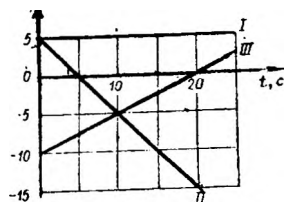


Рис. 2

ЗАДАЧИ ДЛЯ ДОМАШНЕГО РЕШЕНИЯ:

1. Эскалатор метро движется со скоростью 0,8 м/с. Найти время, за которое пассажир переместится на 40 м относительно Земли, если он сам идет в направлении движения со скоростью 0,2 м/с в системе отсчета, связанной с эскалатором.
2. Катер, переправляясь через реку, движется перпендикулярно течению реки со скоростью 4 м/с в системе отсчета, связанной с водой. На сколько метров будет снесен катер течением, если ширина реки 800 м, а скорость течения 1 м/с?

ЗАДАНИЕ №3

Тема: Равноускоренное прямолинейное движение.

Свободное падение тел.

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ:

Равнопеременным называется такое движение, при котором за единицу времени скорость изменяется на постоянную величину.

Величина, характеризующая изменение скорости за единицу времени называется ускорением.

Ускорение выражается формулой

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}, \text{ где}$$

\vec{v} - конечная скорость; \vec{v}_0 - начальная скорость; t - время за которое произошло данное изменение скорости. Ускорение является векторной величиной.

Если $v > v_0$, то ускорение будет положительным, и движение называется равноускоренным. Если $v < v_0$, то ускорение будет отрицательным, и движение называется равнозамедленным. За единицу ускорения в системе СИ принято м/с².

Мгновенной скоростью неравномерного движения называется скорость в данный момент времени.

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$$

Если $v_0 = 0$, то $\vec{v} = \vec{a}t$

Средней скоростью неравномерного движения называется скорость такого равномерного движения, при котором тело перемещается на такое же расстояние и за такое же время, как и при данном неравномерном движении.

$$\vec{v}_{cp} = \frac{\vec{S}}{t}$$

Для равномерного движения $\vec{v}_{cp} = \frac{\vec{v}_0 + \vec{v}}{2}$.

Перемещение равномерного движения выражается формулой

$$\vec{S} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2}$$

Если $v_0 = 0$, то $S = \frac{at^2}{2}$

При решении задач часто используют формулы

$$S = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}; v^2 - v_0^2 = 2aS$$

Если $v_0 = 0$, то $S = \frac{v^2}{2a}; v = \sqrt{2aS}$

Координату тела в любой момент времени определяют по формуле

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

Свободным падением называется падение тел в безвоздушном пространстве под действием силы тяжести. Свободное падение является равноускоренным движением. Среднее значение ускорения свободного падения равно $9,8 \text{ м/с}^2$.

Формулы свободного падения; если $v_0 = 0$

$$h = \frac{gt^2}{2}; v = gt; v = \sqrt{2gh}; \text{ где } h - \text{ высота падения, } g - \text{ ускорение}$$

свободного падения.

Если начальная скорость не равна нулю,

$$h = v_0 t + \frac{gt^2}{2}; v = v_0 + gt; v^2 - v_0^2 = 2gh$$

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ:

1. Какое движение называется равнопеременным?
2. Какие кинематические характеристики изменяются при равнопеременном движении? Какие остаются постоянными?
3. По какой формуле определяется значение мгновенной скорости?
4. Начальная скорость направлена вдоль оси x . Как направлено ускорение, если скорость с течением времени растет?
5. По какой формуле определяется положение точки, движущейся равнопеременно?
6. Что называется свободным падением?
7. По какой формуле определяется скорость тела, свободно падающего из состояния покоя?
8. К какому виду движения относится движение тела, брошенного в безвоздушном пространстве вертикально вверх?

ЗАДАЧА:

Тело, имея начальную скорость 5 м/с, прошло за пятую секунду путь, равный 4,5 м. Определить ускорение и путь, пройденный телом за 10 с.

$$v_0 = 5 \text{ м/с}$$

$$s_5 - s_4 = 4,5 \text{ м} \quad a = ? \text{ с}^{-2}$$

$$t = 10 \text{ с}$$

РЕШЕНИЕ:

За пятую секунду тело прошло путь

$$s_5 - s_4 = v_0 t_5 + \frac{at_5^2}{2} - v_0 t_4 - \frac{at_4^2}{2}$$

откуда

$$a = \frac{2v_0(t_5 - t_4) - 2(s_5 - s_4)}{t_4^2 - t_5^2} = \frac{2 \cdot 5 - 2 \cdot 4,5}{16 - 25} \approx -0,1 (\text{м/с}^2)$$

Путь, пройденный телом за 10 с,

$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2}; s = 5 \cdot 10 - \frac{0,1 \cdot 10^2}{2} = 45 (\text{м}).$$

ЗАДАЧИ ДЛЯ АУДИТОРНОГО РЕШЕНИЯ:

1. Уравнение движения тела имеет вид $x = 5t + 0,8 t^2$. Определить ускорение и начальную скорость движения тела.
2. Поезд, идущий по горизонтальному участку со скоростью 36 км/ч, начинает двигаться ускоренно и проходит 600 м, имея в конце пути скорость 40 км/ч. Определить ускорение и время ускоренного движения.
3. За вторую секунду после начала движения автомобиль прошел 1,2 м. С каким ускорением двигался автомобиль? Определить перемещение автомобиля за десятую секунду после начала движения.
4. Тело падает с высоты 2000 м. За какое время оно пройдет последние 100 м?
5. Первую половину времени своего движения автомобиль двигался со скоростью 80 км/ч, а вторую половину времени со скоростью 40 км/ч. Определить среднюю скорость движения автомобиля.

ЗАДАЧИ ДЛЯ ДОМАШНЕГО РЕШЕНИЯ:

1. Тело, двигаясь равноускоренно из состояния покоя прошло путь 18 м за пятую секунду. Чему равно ускорение и какой путь прошло тело за 5 с?
2. Тело брошено вверх со скоростью 20 м/с. Определить время и высоту подъема тела.

ЗАДАНИЕ № 4

Тема: Движение по окружности с постоянной по модулю скоростью.

Контрольная работа по теме: «Кинематика».

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ:

При равномерном движении по окружности следует различать линейную и угловую скорости.

Линейной скоростью движения тела по окружности называется скорость перемещения тела по окружности.

$$v = \frac{s}{t}, \text{ где } S - \text{ путь, пройденный телом по окружности.}$$

Подставив вместо S длину окружности $2\pi R$, а вместо t – период обращения T , получим формулу

$$v = \frac{2\pi R}{T} \text{ или } v = 2\pi R\nu, \text{ где } \nu = \frac{1}{T} \text{ частота вращения. Частота вращения}$$

$$\text{измеряется в герцах } 1\text{Гц} = \frac{1}{1\text{с}} = \text{с}^{-1}$$

Угловой скоростью при равномерном движении тела по окружности определяется отношением угла поворота радиус-вектора ко времени, за которое совершен этот поворот $\omega = \frac{\varphi}{t}$, где φ – угол поворота.

Подставив вместо φ полный угол 2π , а вместо t – период T , получим формулу $\omega = \frac{2\pi}{T}$ или $\omega = 2\pi\nu$.

Угловая скорость измеряется в радианах в секунду ($\frac{\text{рад}}{\text{с}}$).

Линейная и угловая скорости связаны между собой соотношением

$$v = \frac{2\pi R}{T} = \omega R.$$

При равномерном движении тела по окружности существует ускорение, которое называется центростремительным, оно направлено по радиусу к центру окружности.

$$a = \frac{v^2}{R} \text{ или } a = \omega^2 R.$$

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ:

1. Почему движение по окружности с постоянной по модулю скоростью является ускоренным?
2. Как определяется линейная скорость движения тела по окружности?
3. Как определяется угловая скорость движения тела по окружности?
4. Выразите в радианах угол поворота часовой стрелки за 12 ч, за 6ч.
5. Колесо вращается вокруг неподвижной оси, проходящей через центр с постоянной угловой скоростью. Обладает ли любая точка на ободе колеса центростремительным ускорением?

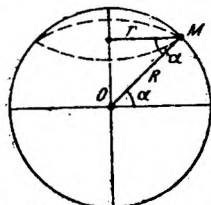
ЗАДАЧА:

Определить линейную скорость точки поверхности Земли, соответствующей широте г. Минска, при суточном вращении Земли, если город расположен на $53^{\circ}50'$ северной широты, а радиус Земли $64 \cdot 10^5$ м (рис.).

$$\alpha = 53^{\circ}50';$$

$$R = 64 \cdot 10^5 \text{ м.}$$

$v = ?$



РЕШЕНИЕ:

Линейная скорость точки при вращательном движении определяется по формуле $v = \omega r$, где ω - угловая скорость суточного вращения Земли; r - радиус, соединяющий движущуюся точку с центром вращения. В данном случае

$r = R \cos \alpha$, а $\omega = 2\pi / T$ (T - период суточного вращения Земли). Таким образом,

$$v = \frac{2\pi}{T} R \cos \alpha; \quad v = \frac{2 \cdot 3,14}{86400} \cdot 64 \cdot 10^5 \cdot 0,590 = 274 \text{ (м/с)}.$$

ЗАДАЧИ ДЛЯ АУДИТОРНОГО РЕШЕНИЯ:

- Частота вращения ротора генератора 50 Гц. Определить угловую скорость ротора и линейную скорость на его поверхности, если диаметр ротора 1,5 м.
- Угол поворота колеса радиусом 0,1 м изменяется по закону $\varphi = \pi t$. Найти угловую и линейную скорости, центростремительное ускорение точек обода колеса.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ПО ТЕМЕ: «КИНЕМАТИКА»

ВАРИАНТ 1

- Автомобиль 20 мин. шёл со скоростью $30 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$, затем 15 мин. со скоростью $20 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$. Определить среднюю скорость за всё время движения.

2. Тело брошено вверх с начальной скоростью 40 м/с. Определить скорость и высоту подъёма тела через 2,5с. Найти максимальную высоту подъёма.

- Цилиндр совершает 600 об/мин. Определить период вращения и линейную скорость точек на поверхности цилиндра, если его диаметр равен 0,2м.

ВАРИАНТ 2

- Студент шёл из общежития в институт 30 мин. со скоростью 1м/с, а из института в общежитие по тому же пути 40 мин. Определить среднюю скорость.

2. Тело падает с высоты 80м. за время равное 2с. Определить скорость в начале падения и у поверхности Земли.
3. Колесо, радиус которого 1,2м. совершает 240 об/мин. Определить линейную скорость и нормальное ускорение точек на поверхности колеса.

ВАРИАНТ 3

1. Скорость течения реки 3 м/с. Лодка движется со скоростью 4 м/с. относительно воды, направленной перпендикулярно течению. Определить скорость лодки относительно берега и расстояние, пройденное лодкой за 10с.
2. Тело имело начальную скорость 5 м/с прошло за время 5 секунд путь равный 50м. Определить ускорение тела и какое расстояние оно пройдет за 10 секунд.
3. Период равномерного движения точки по окружности составляет 2с. Определить линейную и угловую скорости точки, если радиус окружности равен 1м.

ЗАДАНИЕ № 5

Тема: Законы Ньютона. Закон всемирного тяготения. Сила тяжести.
ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ:

Материальная точка – это физическое тело, размерами которого можно пренебречь в данной задаче.

Основой динамики точки служат три закона Ньютона.

Первый закон Ньютона – закон инерции. Тело сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения, если на него не действуют другие тела или действие других тел уравновешены.

Свойство тел сохранять состояние покоя или равномерного прямолинейного движения называется инерцией.

Первый закон Ньютона выполняется в системах отсчета, находящихся в покое или равномерного движения относительно Земли. Такие системы отсчета называются инерциальными.

Мерой инертности тела является масса. Масса в системе СИ измеряется килограммами (кг).

Введем понятие плотности (ρ):

$$\rho = \frac{m}{V}, \text{ где } V - \text{объем тела.}$$

Плотность выражается в $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

Мерой взаимодействия тел является сила. Сила векторная величина. В СИ сила выражается в ньютонах (Н).

Второй закон Ньютона. Ускорение тела прямо пропорционально силе \vec{F} , которая действует на тело, и обратно пропорционально массе тела m .

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \text{ или } \vec{F} = m\vec{a}$$

Обобщенное уравнение:

$m\vec{a} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i$, где $\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n$ - равнодействующая всех сил, которые приложены к телу.

Третий закон Ньютона. Силы, с которыми два тела действуют друг на друга, равны по величине и противоположны по направлению.

$$\vec{F}_{1,2} = -\vec{F}_{2,1} \text{ или } |\vec{F}_{1,2}| = |\vec{F}_{2,1}|$$

Используя второй закон Ньютона, получим

$$\frac{m_1}{m_2} = -\frac{\vec{a}_2}{\vec{a}_1} \text{ или } \frac{m_1}{m_2} = \frac{a_2}{a_1}$$

Явление взаимного притяжения всех тел в природе называется гравитацией или тяготением.

Закон всемирного тяготения Ньютона. Сила притяжения между двумя материальными точками прямо пропорциональна произведению масс этих точек и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними:

$$F = \gamma \frac{m_1 \cdot m_2}{R^2}, \text{ где } \gamma - \text{гравитационная}$$

постоянная.

$$\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{м}^3}{\text{кг} \cdot \text{с}^2}$$

Сила тяжести – это сила, с которой действует гравитационное поле планеты на тело массой m . Она равна

$$\vec{F} = m\vec{g}$$

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ:

1. Как можно установить, что данная система отсчета является инерциальной?
2. Чем отличаются понятия «инерция» и «инертность»?
3. От чего зависят ускорения двух взаимодействующих тел?
4. Как движется тело под действием постоянной силы?
5. Книга лежит на столе. Укажите силы, подчиняющиеся III закону Ньютона.
6. Дайте определение единиц массы, плотности, силы в СИ.

ЗАДАЧА:

Снаряд массой 6 кг вылетает из ствола орудия со скоростью 570 м/с. Чему равна средняя сила давления пороховых газов на снаряд и сколько времени двигался снаряд внутри ствола, если длина ствола 2 м?

$$m = 6 \text{ кг}; \quad F - ? \text{ т} - ?$$

$$v = 570 \text{ м/с};$$

$$l = 2 \text{ м}.$$

РЕШЕНИЕ:

Средняя сила давления пороховых газов на снаряд определится по формуле $\vec{F} = m\vec{a}$. Для нахождения ускорения применим формулу $a = \frac{v^2}{2l}$. Тогда получим:

$$|\vec{F}| = m \frac{v^2}{2l}; \quad |\vec{F}| = 6 \cdot \frac{570^2}{2 \cdot 2} = 4,87 \cdot 10^5 \text{ (Н)}.$$

Время движения снаряда внутри ствола определим из формулы $v = at$; $t = \frac{v}{a}$, где $a = \frac{v^2}{2l}$. Следовательно,

$$t = \frac{2l}{v}; \quad t = \frac{2 \cdot 2}{570} = 0,007 \text{ (с)}.$$

ЗАДАЧИ ДЛЯ АУДИТОРНОГО РЕШЕНИЯ:

1. Постоянная вертикальная сила поднимает груз массой 1кг за 1с на высоту 2м из состояния покоя. Чему равна эта сила?

2. Под действием взаимно перпендикулярных сил, равных 3 и 4 Н, тело из состояния покоя за 2с переместилось на 20м по направлению равнодействующей силы. Определить массу тела.

3. По значению гравитационной постоянной и ускорению свободного падения найти массу Земли. Радиус Земли считать равным 6400 км.

4. Под действием некоторой силы тележка, двигаясь из состояния покоя, прошла путь 40см. Когда на тележку положили груз массой 200г, то под действием той же силы за то же время тележка прошла из состояния покоя путь 20см. Какова масса тележки? Трением пренебречь.

ЗАДАЧИ ДЛЯ ДОМАШНЕГО РЕШЕНИЯ:

1. Под действием постоянной силы $1,2 \cdot 10^{-2}$ Н материальная точка прошла путь 30м за первые 10с. Определить массу точки.

2. На два тела действуют равные силы. Первое тело имеет массу 50г и движется с ускорением 1м/с^2 . Второе тело движется с ускорением 1см/с^2 . Чему равна масса второго тела?

3. Определить силу тяготения между Землей и Луной. Среднее расстояние между Землей и Луной $384,4 \cdot 10^6$ м.

ЗАДАНИЕ № 6

Тема: Силы упругости. Силы трения.

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ:

Если тело при действии внешней силы упруго деформируется, то в теле возникают силы упругости (F_y).

Закон Гука. $F_y = - kx$, где x – деформация тела, а k – коэффициент упругости (жесткость).

Знак минус указывает, что упругая сила и деформация имеют противоположное направление.

Сила трения покоя численно равна силе, которая действует на покоящееся тело по направлению возможного движения.

$$\vec{F}_{\text{тр.пок.}} = -\vec{F}, \text{ где } \vec{F} - \text{внешняя сила}$$

Сила трения скольжения ($F_{\text{тр}}$) пропорциональна силе реакции опоры N :

$$F_{\text{тр}} = \mu N, \text{ где } \mu - \text{коэффициент трения.}$$

Сила реакции опоры численно равна силе нормального давления F_d . На горизонтальной поверхности $N = F_d = mg$.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ:

1. Действуют ли силы трения покоя на предмет, лежащий на столе?
2. Зависит ли тормозной путь автомобиля от его массы?
3. Какие деформации описываются законом Гука?
4. Какие тела называются упругими?
5. Жесткость пружины равна K . Какова жесткость половины пружины?

ЗАДАЧА:

Тело массой 100 кг движется по горизонтальной поверхности под действием силы 250 Н . Направление действия силы образует угол 25° с горизонтом и проходит через центр тяжести тела. Определить коэффициент трения, если тело движется с ускорением 1 м/с^2 .

Дано:

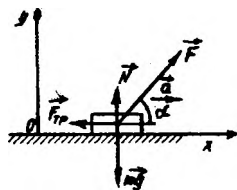
$$m = 100 \text{ кг};$$

$$F = 250 \text{ Н};$$

$$\alpha = 25^\circ;$$

$$a = 1 \text{ м/с}^2.$$

$$\mu - ?$$



РЕШЕНИЕ:

Коэффициент трения – это отношение силы трения $F_{\text{тр}}$ к силе реакции опоры N :

$$\mu = F_{\text{тр}}/N \quad (1)$$

(По третьему закону Ньютона, сила реакции опоры равна силе нормального давления.)

На тело действуют силы: сила тяжести $m\vec{g}$, сила \vec{F} , сила реакции опоры

\vec{N} и сила трения $\vec{F}_{\text{тр}}$.

По второму закону Ньютона,

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{F} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}}. \quad (2)$$

Запишем уравнение (2) в проекциях на координатные оси:

$$ma = F\cos\alpha - F_{\text{тр}} \quad (\text{ось } x), \quad (3)$$

$$0 = N + F\sin\alpha - mg \quad (\text{ось } y) \quad (4)$$

Из уравнений (3) и (4) получим:

$$F_{\text{тр}} = F\cos\alpha - ma,$$

$$N = mg - F\sin\alpha.$$

Подставляем полученные выражения силы трения и силы реакции опоры в формулу (1):

$$\mu = \frac{F\cos\alpha - ma}{mg - F\sin\alpha}.$$

Вычисляем μ :

$$\mu = \frac{250 \text{ Н} \cdot 0,91 - 100 \text{ кг} \cdot 1 \text{ м/с}^2}{100 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 - 250 \text{ Н} \cdot 0,72} \approx 0,16$$

Ответ: $\mu \approx 0,16$.

ЗАДАЧИ ДЛЯ АУДИТОРНОГО РЕШЕНИЯ:

1. Автомобиль массой 3 т движется со скоростью 28,8 км/ч. При торможении он останавливается через 6 с. Определить силу торможения.

2. Тело массой 500 кг подвесили на канате, и оно движется вниз с ускорением. За первые 10 с от начала движения тело проходит путь 20 м. чему равна сила натяжения каната?

3. Локомотив движет поезд по горизонтальному пути. Сила тяги локомотива равна $1,5 \cdot 10^3$ Н. На пути в 600 м скорость его увеличилась от 32,4 до 54 км/ч. Определить силу сопротивления движению, если масса поезда равна 10^6 кг.

4. Автомобиль, масса которого равна 1,2 Т, начинает движение с ускорением $1,04 \text{ м/с}^2$. Чему равна сила тяги автомобиля, если коэффициент трения 0,2?

5. На стальной провод действовали силой 120 Н. Провод при этом удлинился на 2 мм. Найти жесткость пружины.

ЗАДАЧИ ДЛЯ ДОМАШНЕГО РЕШЕНИЯ:

1. Жесткость пружины равна 49 н/м. Пружина удлинилась на 4 см, когда на ней повесили груз. Чему равна масса пружины?

2. Тележка массой 200 кг движется по горизонтальному пути с ускорением $0,8 \text{ м/с}^2$. Определить силу трения, если на тележку действует сила в 300 Н.

3. Тело движется со скоростью 6 м/с и останавливается при торможении через 3 с. Чему равен коэффициент трения?

ЗАДАНИЕ № 7

Тема: Динамика движения тел по наклонной плоскости. Движение механических систем.

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ:

Примером механических систем является движение грузов, соединенных нитями, перекинутыми через блок. Движение грузов, соединенных нитями, происходит так, что расстояние между ними, измеренное вдоль натянутой нити, все время остается неизменным. Блоки и нити считаются не имеющими массы.

При изучении движения тела по наклонной плоскости с углом наклона α сила тяжести (mg) раскладывается на две составляющие: F_1 – скатывающая сила и F_2 – сила нормального движения.

$$F_1 = mg \sin \alpha; \quad F_2 = mg \cos \alpha.$$

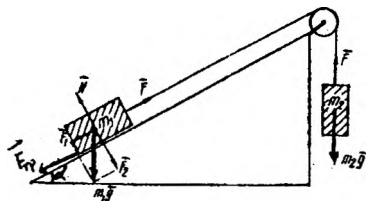
$F_2 = N$ (сила реакции опоры), тогда сила трения

$$F_{\text{тр}} = \mu mg \cos \alpha.$$

ЗАДАЧА:

По наклонной плоскости с углом наклона 30° перемещается вверх тело массой 6 кг под действием второго тела массой 5 кг, связанного с первым нитью, перекинутой через неподвижный блок (рис.). С каким ускорением будут двигаться тела и чему равна сила натяжения нити, если коэффициент трения 0,3?

$$\begin{array}{l|l} \alpha = 30^\circ; & a = ? \quad F = ? \\ m_1 = 6 \text{ кг}; & g = 9,8 \text{ м/с}^2 \\ m_2 = 5 \text{ кг}; & \\ \mu = 0,3. & \end{array}$$



РЕШЕНИЕ:

Направим ось X параллельно наклонной плоскости в сторону движения тела. По второму закону Ньютона (в проекции на ось X)

$$F - (F_1 + F_{\text{тр}}) = m_1 a,$$

где F – сила упругости нити; $F_1 = m_1 g \sin \alpha$ – скатывающая сила;

$F_{\text{тр}} = \mu m_1 g \cos \alpha$ – сила трения. Следовательно,

$$F - m_1 g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = m_1 a$$

На второе тело m_2 действуют две силы: сила тяжести $m_2 \vec{g}$ и сила упругости нити \vec{F} . Результирующая этих сил перемещает тело вниз с тем же ускорением:

$$m_2 \vec{g} + \vec{F} = m_2 \vec{a}.$$

В проекции на ось X, направленную вниз,

$$m_2 g - F = m_2 a.$$

Решив эти два уравнения относительно a и F , получим:

$$a = \frac{g(m_2 - m_1 \sin \alpha - \mu m_1 \cos \alpha)}{m_1 + m_2};$$

$$a = \frac{9,8(5 - 6 \cdot 0,5 - 0,3 \cdot 6 \cdot 0,87)}{6 + 5} = 0,4(\text{м, с}^2);$$

$$F = m_2 (g - a); F = 5(9,8 - 0,4) = 47 (\text{Н}).$$

ЗАДАЧИ ДЛЯ АУДИТОРНОГО РЕШЕНИЯ:

1. С вершины наклонной плоскости, длина которой 10 м и высота 5 м, начинает двигаться тело. Сколько времени будет двигаться тело до основания наклонной плоскости, если коэффициент трения равен 0,2? Какую скорость будет иметь тело у основания наклонной плоскости?

2. Автомобиль движется в гору, которая образует с горизонтом угол 5° . Ускорение автомобиля $0,2 \text{ м/с}^2$, его масса 1,5 т. Коэффициент трения 0,3. Чему равна сила тяги автомобиля?

3. Через неподвижный блок переброшена нить. На ее концах на одной высоте висят два груза, массы которых равны 100 г. Грузы начали двигаться, когда на один груз положили перегрузок массой m . Груз с перегрузом опустился на 90 см за 3 с. Определить массу перегруза.

4. На столе лежит тело массой 2 кг, которому привязали нить и перекинули через неподвижный блок. К другому концу нити подвесили тело массой 0,85 кг. За первые 3 с второе тело опустилось на 81 см. Определить ускорение, с которым движутся тела, силу трения и коэффициент трения.

ЗАДАЧИ ДЛЯ ДОМАШНЕГО РЕШЕНИЯ:

1. На нити, перекинутой через неподвижный блок, помещены грузы массой 0,3 и 0,2 кг. С каким ускорением движется система? Какова сила натяжения нити во время движения?

2. Тело массой 400 г находится на горизонтальной поверхности. К нему прикреплена нить, перекинутая через неподвижный блок. Под действием груза массой 100 г, прикрепленного к другому концу нити, тело из состояния покоя проходит путь 80 см за 2 с. Найти коэффициент трения.

ЗАДАНИЕ № 8

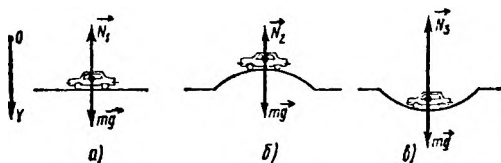
Тема: Динамика движения по окружности.

Контрольная работа по теме «Основы динамики»

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ:

Рассмотрим три случая движения тела:

- 1) поверхность плоская; 2) поверхность выпуклая; 3) поверхность вогнутая.



При равномерном движении тел по плоской поверхности (рис. а). В этом случае сила реакции N_1 равна силе тяжести mg , или $N_1 = mg$.

При движении по выпуклой поверхности (рис. б) появляется центростремительное ускорение, направленное к центру кривизны траектории. В этом случае уравнение движения имеет вид: $mg - N_2 = ma_{\text{ц.с.}} = m \frac{v^2}{R}$, где v – скорость движения, R – радиус.

В случае (рис. в) уравнение имеет вид:

$$N_3 - mg = ma_{\text{ц.с.}} = m \frac{v^2}{R}$$

ЗАДАЧА:

На горизонтальной платформе укреплен вертикальный стержень, к верхнему концу которого привязана нить с шариком. При вращении платформы шарик отклоняется на угол α . Длина нити L , расстояние от оси вращения до стержня d . Найти угловую скорость вращения платформы.

АНАЛИЗ:

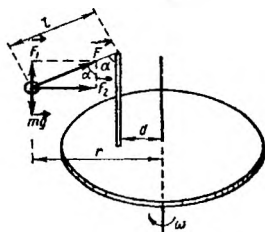
При вращении платформы на шарик действуют сила тяжести mg и сила упругости F нити. Разложим силу упругости на две составляющие: $F_1 = F \cos \alpha$ и $F_2 = F \sin \alpha$. Сила F_1 уравновешена силой тяжести груза mg , а сила F_2 играет роль центростремительной, следовательно, $F \sin \alpha = ma_{\text{ц.с.}} = m\omega^2 r$.

Выразив F через F_1 , найдем угловую скорость. Радиус вращения r равен $d + L \sin \alpha$.

Дано
 α ;
 $r = d + L \sin \alpha$
 g _____
 ω - ?

Решение
 $m\omega^2 r = mg \tan \alpha$;

$$\omega = \sqrt{\frac{g \tan \alpha}{r}}$$



ЗАДАЧИ ДЛЯ АУДИТОРНОГО РЕШЕНИЯ:

1. По выпуклому мосту движется автомобиль массой 1 т со скоростью 36 км/ч. Определить давление автомобиля на середину моста, если радиус кривизны 100 м.

2. По вогнутому мосту движется автомобиль массой 1 т со скоростью 36 км/ч. Определить давление автомобиля на середину моста, если радиус кривизны 100 м.

3. Камень массой 0,5 кг, привязанный к шнуру, равномерно вращается в вертикальной плоскости по окружности. Найти разность между значениями натяжения шнура в нижнем и верхнем положениях камня.

4. Диск вращается в горизонтальной плоскости и совершает 30 об/мин. На расстоянии 20 см от оси вращения лежит тело массой 2 кг. Определить силу трения между телом и диском, которая удерживает тело в состоянии покоя относительно диска.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ПО ТЕМЕ «ОСНОВЫ ДИНАМИКИ»

Вариант 1

1. Автобус на пути длиной 400 м увеличил скорость от 15 до 25 м/с. Определите силу тяги двигателя, если масса автобуса 10 т, а сила сопротивления движению равна 2 кН.
2. Тело массой $m=5$ кг поднимается по наклонной плоскости с углом $\alpha = 30^\circ$ с ускорением равным 2 м/с^2 . Чему равна сила тяги?
3. На краю диска $R=0,5$ м; который равномерно вращается с угловой скоростью $\omega=4$ рад/с, находится тело массой 200 г. Чему равна сила трения, которая удерживает тело на диске?

Вариант 2

1. Автомобиль, масса которого равна 1,5 т, от начала движения прошел 150 м за 10 сек. Чему равна сила тяги автомобиля, если коэффициент трения 0,2?

2. Автомобиль массой 4 т движется по выпуклому мосту радиусом 100 м, со скоростью 36 км/ч. С какой силой он давит на мост в средней его точке?

3. С вершины наклонной плоскости, длина которой $L=5$ м, а высота $H=2,5$ м начинает двигаться тело. Сколько времени будет двигаться тело, если коэффициент трения равен 0,15?

Вариант 3

1. По выпуклому мосту радиуса 90 м движется автомобиль со скоростью

54 км/ч. Масса автомобиля 2 т. Определить давление автомобиля в средней точке моста.

2. На столе лежит тело массой M , к

которому привязали нить и перекинули

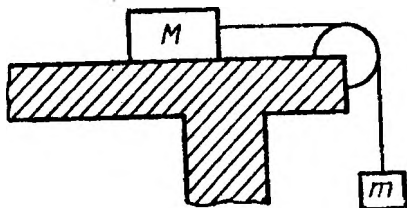
через неподвижный блок (см. рисунок).

Масса тела $M=20$ кг. К другому концу

подвесили второе тело m , масса которого

10 кг. За первые две секунды тело m опустилось на 200 см.

Определить ускорение, с которого движутся тела и силу трения тела на поверхность.



3. Поезд массой 10^3 т прошел 250 м от начала движения и его скорость увеличилась до 36 км/ч. Сила сопротивления движению равна 10^4 Н. Чему равна сила тяги локомотива?

Вариант 4

1. Тело массой $m=1000$ кг движется вниз с ускорением $a=0,2$ м/с². Чему равна сила натяжения каната F_n ?

2. Через неподвижный блок переброшена нить, на концах которой висят грузы 200 и 250 г. С каким ускорением будут двигаться грузы? Определить время, за которое один из грузов пройдет путь 2 м.

3. Автомобиль, масса которого 3600 кг движется по выпуклому мосту радиусом 50 м со скоростью 72 км/ч. Определить силу давления автомобиля на мост.

Вариант 5

1. Через неподвижный блок переброшена нить, на концах которой висят грузы 200 и 250 г. С каким ускорением будут двигаться грузы? Определить время, за которое один из грузов пройдет путь 2 м.

2. Автомобиль, масса которого 3600 кг движется по выпуклому мосту радиусом 50 м со скоростью 72 км/ч. Определить силу давления автомобиля на мост.
3. Поезд массой 10^4 т начал двигаться равноускоренно по горизонтальному пути. Когда поезд прошел 250 м его скорость достигла 36 км/ч. Коэффициент трения равен 0,006. Чему равна сила тяги?

ЗАДАНИЕ № 9

Тема: Импульс тела. Закон сохранения импульса.

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ:

Второй закон Ньютона можно записать после преобразований в таком виде:

$$\vec{F} = m\vec{a} = m \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t} \quad \text{или} \quad \vec{F}t = m\vec{v}_2 - m\vec{v}_1$$

Произведение $\vec{F} \cdot t$ называется импульсом силы, произведение $m \cdot \vec{v}$ называется импульсом тела или количеством движения

$$\vec{P} = m\vec{v}.$$

Система называется замкнутой, если внешние силы отсутствуют. Для замкнутой системы справедлив закон сохранения импульса: векторная сумма импульсов тел не изменяется при их взаимодействии. При взаимодействии двух тел

$$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = m_1\vec{u}_1 + m_2\vec{u}_2,$$

где $m_1\vec{v}_1$, $m_2\vec{v}_2$ - импульсы тел до взаимодействия; $m_2\vec{u}_2$, $m_1\vec{u}_1$ - импульсы тел после взаимодействия.

Ударом тел называется кратковременное взаимодействие тел при их контакте. Удар, после которого тела движутся вместе (или покоятся), называется неупругим ударом. При неупругом ударе сохраняется только суммарный импульс тел.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ:

1. Что называется импульсом тел?
2. Как импульс силы связан с импульсом тела?
3. Какое направление имеет импульс тела?

4. Тело движется равномерно по окружности. Изменяется ли его импульс?
5. Сформулируйте закон сохранения импульса.
6. Могут ли внутренние силы изменить импульс системы тел?

ЗАДАЧА:

Мальчик догнал тележку, движущуюся со скоростью 3 м/с, и вскочил в нее. Чему равна скорость тележки после того, как на нее вскочил мальчик, если скорость прыжка мальчика 4 м/с, масса мальчика 50 кг, а масса тележки 80 кг? Чему будет равна скорость тележки, если мальчик прыгнет навстречу движущейся тележке?

$v_1 = 3 \text{ м/с};$	$v - ?$
$v_2 = 4 \text{ м/с};$	
$m_2 = 50 \text{ кг};$	
$m_1 = 80 \text{ кг}.$	

Решение:

По закону сохранения количества движения $m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2 = (m_1 + m_2) \vec{v}$.

Запишем это уравнение в проекции на ось X, направленную в сторону движения тележки:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v.$$

Отсюда

$$v = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}; \quad v = \frac{80 \cdot 3 + 50 \cdot 4}{80 + 50} = 3,4 \text{ (м/с)}.$$

При встречном движении мальчика $m v_1 - m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v$, откуда

$$v = \frac{m_1 v_1 - m_2 v_2}{m_1 + m_2}; \quad v = \frac{80 \cdot 3 - 50 \cdot 4}{80 + 50} = 0,3 \text{ (м/с)}.$$

ЗАДАЧИ ДЛЯ АУДИТОРНОГО РЕШЕНИЯ:

1. Тело массой 10 кг движется со скоростью 2 м/с. Другое тело массой 15 кг движется в том же направлении со скоростью 3 м/с. После удара тела движутся вместе (удар неупругий). Определить скорость тел после удара.
2. Два шарика движутся навстречу друг другу со скоростями 1 м/с и 0,5 м/с. После удара шарики движутся в противоположные стороны со скоростями соответственно 0,5 м/с и 1,5 м/с. Найти массу второго шарика, если масса первого равна 1 кг.
3. С железнодорожной платформы, которая движется горизонтально со скоростью 9 км/ч, выстрелили из пушки в горизонтальном направлении противоположно движению платформы. Масса платформы с пушкой 20 т, масса снаряда

25 кг, его начальная скорость 700 м/с. Определить скорость движения платформы после выстрела. Трение не учитывать.

4. С платформы выстрелили из пушки под углом 40^0 к горизонту. Масса платформы с пушкой 10 т, масса снаряда 25 кг, его начальная скорость 700 м/с. Определить скорость платформы после выстрела. Трение не учитывать.

5. Вагон массой 50 т движется со скоростью 9 км/ч и встречает неподвижный вагон массой 30 т. Вычислить расстояние, пройденное вагонами до остановки после сцепления. Коэффициент трения 0,05.

ЗАДАЧИ ДЛЯ ДОМАШНЕГО РЕШЕНИЯ:

1. Тело массой 0,2 кг падает с высоты 1 м с ускорением 8 м/с^2 . Чему равен импульс тела к концу падения?
2. Тележка движется по горизонтальной поверхности со скоростью 0,5 м/с. Ее догоняет вторая тележка, которая движется со скоростью 1,5 м/с. После удара обе тележки движутся в том же направлении со скоростью 1 м/с. Найти отношение масс этих тележек.

ЗАДАНИЕ № 10

Тема: Механическая работа. Мощность.

Работа силы тяжести, силы упругости, силы трения.

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ:

Работой в механике называется величина, равная произведению действующей силы на перемещения тела в направлении силы:

$$A = |\vec{F}| \cdot |\vec{S}|, \text{ где } \vec{F} - \text{сила тяги; } \vec{S} - \text{перемещение.}$$

При условии несовпадения направлений силы и перемещения работа выражается формулой

$A = |\vec{F}| \cdot |\vec{S}| \cdot \cos \alpha$, где α – угол между направлениями силы и перемещения.

Работа, совершаемая при упругой деформации тел, является работой против упругой силы ($F_{\text{уп}} = -kx$) и имеет вид

$$A = \frac{kx^2}{2};$$

Работа силы тяжести mg определяется по формуле

$A = mg(h_1 - h_2)$, где h_1 и h_2 – начальная и конечная высота тела относительно начала отсчета.

Работа силы трения ($F_{\text{тр}}$) определяется по формуле

$$A = -F_{\text{тр}} \cdot S.$$

В системе СИ единицу работы принимается джоуль (Дж).

$$1 \text{ Дж} = 1 \text{ Н} \cdot 1 \text{ м} = 1 \text{ Нм}.$$

Мощностью называется величина, численно равная работе, совершенной в единицу времени:

$$N = \frac{A}{t} \text{ или } N = \frac{|\vec{F}| \cdot |\vec{S}|}{t} = |\vec{F}| |\vec{v}|.$$

В системе СИ за единицу мощности принимается ватт (Вт)

$$1 \text{ Вт} = \frac{1 \text{ Дж}}{1 \text{ с}}$$

$$1 \text{ кВт} = 1000 \text{ Вт}.$$

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ:

1. Какие два фактора обязательны для совершения работы?
2. Производит ли неподвижно стоящий человек механическую работу, удерживая тело на вытянутой руке?
3. Человек опускается на парашюте. Какая сила совершает при этом положительную и какая отрицательную работу?
4. При каком условии работа действующей на тело силы равна нулю?
5. Как зависит мощность от силы тяги и скорости движения?

ЗАДАЧА:

Самолет отрывается от земли при скорости 80 км/ч. Какую мощность развивает при этом двигатель самолета, если масса его 1026 кг, длина пробега 150 м, а коэффициент трения 0,02?

$$v = 80 \text{ км/ч} = 22,2 \text{ м/с};$$

$$m = 1026 \text{ кг};$$

$$s = 150 \text{ м};$$

$$\mu = 0,02.$$

$$N - ?$$

$$g = 9,8 \text{ м/с}^2.$$

РЕШЕНИЕ:

Мощность определяется по формуле $N = |\vec{F}| |\vec{v}|$. Сила тяги в данном случае преодолевает трение и придает самолету ускорение: $|\vec{F}| = |\vec{F}_{\text{тр}}| + |\vec{F}_i| = \mu m |g| + m |a|$. Ускорение $|a|$ определяется из формулы $v^2 = 2|a|s$: $|a| = v^2 / 2s$. Тогда $|\vec{F}| = \mu m |g| + mv^2 / 2s$. Подставим это выражение силы тяги в формулу мощности и получим:

$$N = \mu mgv + \frac{mv^3}{2s};$$

$$N = 0,02 \cdot 1026 \cdot 9,8 \cdot 22,2 + \frac{1026 \cdot 22,2^3}{2 \cdot 150} = 41880 \text{ (Вт)} = 41,88 \text{ (кВт)}.$$

ЗАДАЧИ ДЛЯ АУДИТОРНОГО РЕШЕНИЯ:

1. Груз массой 50 кг поднят при помощи каната равноускоренно вертикально вверх за 2 с на высоту 10 м. Вычислить работу, совершенную силой натяжения каната.
2. Автомобиль массой 3 т движется равномерно в гору, которая образует угол 15° с горизонтом. Какую работу совершает двигатель автомобиля на пути 50 м? Коэффициент трения 0,1.
3. Определить работу силы при сжатии пружины на 0,05 м. Жесткость пружины $3 \cdot 10^6$ н/м.
4. На горизонтальном участке пути длиной 3 км скорость автомобиля увеличилась с 36 до 72 км/ч. Масса автомобиля 3 т. Коэффициент трения 0,01. Определить мощность двигателя автомобиля.
5. Скорость свободно падающего тела массой 4 кг на некотором пути увеличилась с 2 до 8 м/с. Найти работу силы тяжести на этом пути.

ЗАДАЧИ ДЛЯ ДОМАШНЕГО РЕШЕНИЯ:

1. При вертикальном подъеме груза массой 2 кг на высоту 1 м была совершена работа 80 Дж. С каким ускорением двигался груз?
2. Автомобиль массой 4 т подходит к горе высотой 12 м и длиной 80 м со скоростью 36 км/ч. Чему равна средняя мощность автомобиля при подъеме, если на вершине горы его скорость равна 6 м/с? Коэффициент трения 0,1. Сила тяги автомобиля постоянна.

ЗАДАНИЕ №11

Тема: Кинетическая и потенциальная энергии. Закон сохранения и превращения энергии.

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ:

Энергия – это количественная мера всех форм движения материи.

Энергия, которой обладает движущееся тело, называется кинетической энергией.

$$W_K = \frac{mv^2}{2} - \text{кинетическая энергия.}$$

Теорема о кинетической энергии.

$$A = \Delta W_K, \Delta W_K = W_{K_2} - W_{K_1}, F \cdot S = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}$$

ΔW_K - изменение кинетической энергии.

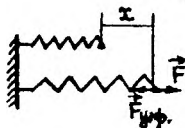
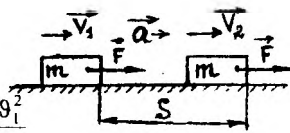
Энергия, которая зависит от относительного расположения тел или отдельных частей тела, называется потенциальной энергией.

$W_{\Pi} = mgh$ - потенциальная энергия тела,
поднятого над Землей.

$$W_{\Pi} = \frac{KX^2}{2} - \text{потенциальная энергия}$$

упругодеформированного тела.

$$A = -\Delta W_{\Pi},$$



$\Delta W_{\text{П}}$ - изменение потенциальной энергии.

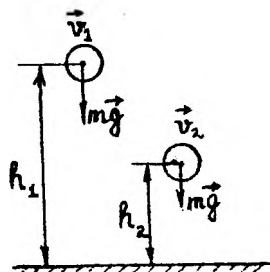
$W = W_{\text{К}} + W_{\text{П}}$ - полная механическая энергия.

ΔW - изменение полной энергии.

$$\Delta W = (W_{\text{К}2} + W_{\text{П}2}) - (W_{\text{К}1} + W_{\text{П}1})$$

$$W_{\text{К}} + W_{\text{П}} = \text{const}$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{m v_1^2}{2} + m g h_1 &= \frac{m v_2^2}{2} + m g h_2 \end{aligned} \right\} \text{закон}$$



сохранения механической энергии.

Полная механическая энергия изолированной системы тел, в которой действуют только потенциальные силы, остается постоянной (не изменяется).

Если при движении тела на него действуют силы сопротивления, то изменение полной механической энергии тела равно работе этих сил (система незамкнутая).

$$\Delta W = A_{\text{сопр}}$$

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ:

1. Что является мерой изменения механической энергии?
2. Какая энергия называется кинетической?
3. Какая энергия называется потенциальной?
4. Какой энергией обладает тело, поднятое над Землей?
5. Какой энергией обладает свободно падающее тело?
6. Как изменяется потенциальная энергия пружины, когда пружину сжимают?
7. В каком случае при действии на тело сил, его кинетическая энергия не изменяется?
8. Как изменяются кинетическая и потенциальная энергии тела, брошенного вверх?

ЗАДАЧА:

Пуля, летящая со скоростью 400 м/с, попадает в вал и проходит до остановки 0,5 м. Определить сопротивление вала движению пули, если её масса 24 г.

Дано:

$$v_1 = 400 \text{ м/с}$$

$$S = 0,5 \text{ м}$$

$$m = 24 \text{ г} = 2,4 \cdot 10^{-2} \text{ кг}$$

$$F_{\text{сопр}} = ?$$

Решение:

Работа внешней силы $F_{\text{сопр}}$ определяется по формуле: $A = -F_{\text{сопр}} \cdot S$

С другой стороны $A = W_{k_2} - W_{k_1}$. Для нашего случая $W_{k_2} = 0$ (пуля остановилась)

$$W_{k_1} = \frac{m v_1^2}{2} \quad -FS_{\text{супр}} = -\frac{m v_1^2}{2S}$$

В результате получим:

$$F_{\text{супр}} = \frac{2,4 \cdot 10^{-2} \cdot 400^2}{2 \cdot 0,5} \approx 3,8 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

ЗАДАЧИ ДЛЯ АУДИТОРНОГО РЕШЕНИЯ:

1. На тело массой $m=2\text{кг}$ действует сила $F=5\text{Н}$. Тело движется 2 секунды. Определить кинетическую энергию тела ($v_0 = 0$).
2. Для сжатия пружины на $X=3\text{см}$ приложили силу, равную $F=20\text{Н}$. Найти потенциальную энергию сжатой пружины. Насколько увеличиться её энергия при увеличении сжатия до 6см ?
3. Тело массой $m=0,5\text{кг}$ свободно падает с высоты $h=10\text{ м}$. Скорость падения на Землю $v = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Определить работу сил сопротивления воздуха.
4. Чему равна кинетическая энергия тела массой $m=2\text{ кг}$, равномерно движущегося по окружности радиусом $R=1\text{м}$ с частотой $\nu = 5\text{с}^{-1}$?

ЗАДАЧИ ДЛЯ ДОМАШНЕГО РЕШЕНИЯ:

1. Тело массой $m=3\text{кг}$ свободно падает с высоты $h_1=5\text{м}$. Определить потенциальную и кинетическую энергию тела на высоте $h_2=2\text{м}$ от поверхности Земли.
2. Пуля массой $m=10\text{г}$ летит со скоростью $v_1 = 400 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Пробив дерево толщиной $S=10\text{см}$, пуля вылетает со скоростью $v_2 = 200 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Определить силу сопротивления, действующую на пулю.

ЗАДАНИЕ №12

Тема: Применение законов сохранения к неупругим и абсолютно упругим соударениям. Контрольная работа по теме: «Механическая работа и мощность. Законы сохранения».

ОПРЕДЕЛЕНИЯ:

Абсолютно упругим ударом называется такой удар, при котором механическая энергия сохраняется. Выполняется так же закон сохранения импульса.

Неупругим ударом называется такое столкновение тел, в результате которого величина суммарной механической энергии уменьшается. Сумма проекции импульсов тел на ось OX не меняется (сохраняется).

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ:

1. Чем отличается абсолютно упругий удар от абсолютно неупругого?

2. Сохраняется ли полная механическая энергия тел после их абсолютно упругого столкновения? Абсолютно неупругого соударения?
3. Какими законами сохранения можно пользоваться при рассмотрении упругого и неупругого удара?
4. Почему при неупругом ударе выделяется теплота?
5. Когда покоящийся шар приобретает большую скорость от другого такого же шара при упругом или неупругом ударе?
6. Почему при ударе палкой о камень и теннисный мяч такой же массы последний летит дальше?

ЗАДАЧА:

Металлический шар массой 1 кг, движущийся со скоростью 8 м/с, сталкивается с покоящимся шаром массой 3 кг. Удар центральный и неупругий. Чему равна скорость шаров после удара и как при этом изменилась кинетическая энергия шаров?

$$m_1 = 1 \text{ кг}$$

$$v_1 = 8 \text{ м/с}$$

$$m_2 = 3 \text{ кг}$$

$$v_2 = 0$$

$$u_1 = ? \quad u_2 = ? \quad \Delta W_k = ?$$

РЕШЕНИЕ: При неупругом ударе соблюдается закон сохранения количества движения.

$$m_1 v_1 = (m_1 + m_2) \cdot u \quad u = u_1 = u_2$$

$$\text{Следовательно; } u = \frac{m_1 v_1}{m_1 + m_2} \quad u = \frac{1 \cdot 8}{1 + 3} = 2 (\text{м/с})$$

Кинетическая энергия шаров до удара.

$$W_{k1} = \frac{m_1 v_1^2}{2} \quad W_{k1} = \frac{1 \cdot 8^2}{2} = 32 (\text{Дж})$$

после удара

$$W_{k2} = \frac{(m_1 + m_2) u^2}{2} \quad W_{k2} = \frac{(1 + 3) \cdot 2^2}{2} = 8 \text{ Дж}$$

Кинетическая энергия шаров после удара уменьшилась, так как часть её превратилась во внутреннюю энергию:

$$\Delta W_k = W_{k1} - W_{k2} \quad \Delta W_k = 32 - 8 = 24 (\text{Дж})$$

ЗАДАЧИ ДЛЯ АУДИТОРНОГО РЕШЕНИЯ:

1. Два шара массами $m_1 = 0,3 \text{ кг}$ и $m_2 = 0,2 \text{ кг}$ движутся навстречу друг другу. Скорость первого шара $v_1 = 5 \text{ м/с}$, второго $v_2 = 2,5 \text{ м/с}$. После удара они движутся вместе (неупругий удар). Определить потерю энергии при ударе.

Контрольная работа

Вариант 1

1. На горизонтальном участке пути длиной 2 км скорость поезда увеличилась с $v_1 = 54$ км/ч до $v_2 = 72$ км/ч. Определить работу и среднюю мощность, развиваемую паровозом. Масса поезда $m = 800$ т, коэффициент трения $\mu = 0,05$.

2. Камень массой $m = 2$ кг падает с высоты $H = 20$ м из состояния покоя и в момент удара о землю имеет скорость v .

Чему равна кинетическая и потенциальная энергия камня на высоте $H_1 = 10$ м от поверхности земли и в момент удара о землю? (сопротивлением воздуха пренебречь).

Вариант 2

1. Пуля массой $m = 10$ г, летящая со скоростью $v_1 = 400$ м/с, попала в дерево толщиной $h = 10$ см. Пробив дерево, пуля вылетела со скоростью $v_2 = 200$ м/с. Определить силу сопротивления, действующую на пулю.

2. Самолет для взлёта должен иметь скорость $v_2 = 25$ м/с. Длина его пробега перед взлётом $S = 100$ м. Какова мощность самолета при взлёте, если масса самолёта $m = 1$ т, коэффициент трения $\mu = 0,02$?

ЗАДАНИЕ №13

Тема: Статика твёрдого тела. Сложение сил. Момент сил. Условие равновесия твердого тела.

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ:

Статика изучает равновесие материальной точки (тела) под действием приложенных сил.

$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$ - равнодействующая сил \vec{F}_1 и \vec{F}_2 .

$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos \alpha}$ - модуль равнодействующей, где α – угол между силами \vec{F}_1 и \vec{F}_2 .

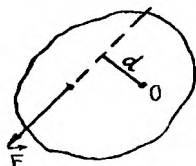
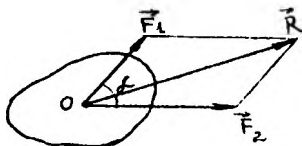
Моментом силы относительно оси (точки) называется произведение модуля силы на её плечо относительно этой оси (точки);

$M = F \cdot d$ - момент силы относительно оси, проходящей через точку O , где F – модуль приложенной к телу силы; d – плечо силы, относительно данной оси (перпендикуляр, опущенный на линию действия силы).

$$\left. \begin{array}{l} 1) \sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0 \\ 2) \sum_{i=1}^n M_i = 0 \end{array} \right\} \text{условия равновесия}$$

твёрдого тела

Тело находится в равновесии если выполняются эти два условия:



где \vec{F}_i - силы, действующие на тело;

M_i - моменты этих сил.

Формула (1) для тела, на имеющего оси вращения, формула (2) для тела с закрепленной осью вращения.

Если спроецировать все силы, действие на материальную точку, на выбранное направление осей X и Y , то условие равновесия примет вид:

$$\sum_{i=1}^n F_{ix} = 0, \sum_{i=1}^n F_{iy} = 0, \sum_{i=1}^n M_i = 0: \text{ при этом моменты сил, вращающих тело}$$

по часовой стрелке, считаются положительными, а моменты сил, вращающих тело против часовой стрелки – отрицательными.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ:

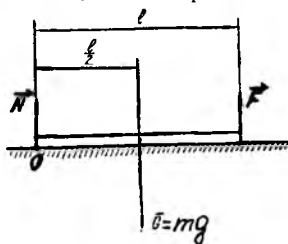
1. Что изучает статика?
2. Что такое абсолютно твёрдое тело?
3. Какая сила называется равнодействующей?
4. При каком условии не вращающееся тело находится в равновесии?
5. Что называется плечом силы?
6. Что называется моментом силы?
7. При каком условии тело, имеющее ось вращения, будет находиться в равновесии?
8. Изменится ли результат действия силы на тело, имеющего ось вращения, если её переносить:

- а) вдоль линии действия,
- б) параллельно самой себе?

ЗАДАЧА:

Труба цилиндрической формы массой $m=2 \cdot 10^3$ кг лежит на земле. Какое наименьшее усилие надо приложить, чтобы приподнять трубу за один из её концов?

$$\frac{m=2 \cdot 10^3 \text{ кг}}{F=?}$$



РЕШЕНИЕ: Чтобы приподнять трубу за один её концов нужно приложить к этому концу некоторую силу F направленную вверх. Пусть ℓ - длина трубы. Тогда точка приложения силы тяжести mg находится на расстоянии $\ell/2$ от конца трубы. Учитывая это, составим уравнение моментов сил,

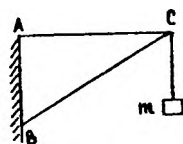
относительно точки O . $mg \frac{\ell}{2} - F\ell = 0$. Отсюда

$$F = \frac{mg}{2}; \quad \bar{F} = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot 9,8}{2} \text{ Н} = 9,8 \text{ кН}$$

ЗАДАЧИ ДЛЯ АУДИТОРНОГО РЕШЕНИЯ:

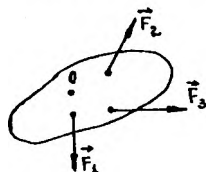
1. Груз массой m висит на кронштейне.

Укажите силы, действующие на стержни АС и ВС.



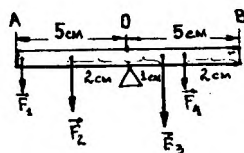
2. Груз массой $m=10\text{кг}$ подвешен к кронштейну ABC, у которого $AC=150\text{мм}$, $BC=250\text{мм}$. Определить силы, действующие на АС и ВС.

3. Какая из сил $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3$ вызывает вращение вокруг оси О, а какая не вызывает?



4. Стержень АВ находится в равновесии.

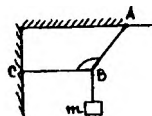
О – точка опоры стержня. Определить силу F_3 , если $F_1=10\text{Н}$, $F_2=20\text{Н}$, $F_3=20\text{Н}$.



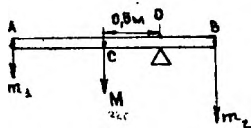
5. К концам стержня массой $M=10\text{кг}$ и длиной $l=40\text{см}$ подвешены два груза массами $m_1=40\text{кг}$ и $m_2=10\text{кг}$. На каком расстоянии от груза m_1 будет находиться точка опоры О, если грузы находятся в равновесии?

ЗАДАЧИ ДЛЯ ДОМАШНЕГО РЕШЕНИЯ:

1. Груз массой $m=60\text{кг}$ висит на двух тросах, угол $ABC=120^\circ$. Определить силы, действующие на тросы.



2. К однородному стержню массой $M=2\text{кг}$ подвешены на концах два груза $m_1=1\text{кг}$ и $m_2=?$. Точка опоры О находится на расстоянии $0,5\text{м}$ от середины стержня. Определить m_2 , если стержень находится в равновесии.



ЗАДАНИЕ №14

ТЕМА: Статика жидкостей и газов. Давление. Закон Паскаля.

Закон Архимеда.

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ:

Давление P определяется по формуле

$P = \frac{F}{S}$ - давление, где F - модуль силы, действующий нормально к

площади S

Давление измеряется в паскалях (Па)

Давление столба однородной жидкости или газа на глубине h

$P = \rho gh$ - гидростатическое давление,

Закон Паскаля

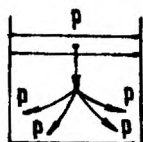
где ρ – плотность жидкости;

g – ускорение свободного падения;

h – высота столба жидкости.

$P = P_0 + \rho gh$ – полное давление,

где P_0 – давление на ее свободной поверхности равное атмосферному давлению.



Жидкость (или газ), находящиеся в замкнутом сосуде, передает производимое на неё давление по всем направлениям одинаково (закон Паскаля) $P = \text{const}$

$\sum_{i=1}^n P_i = \sum_{k=1}^m P_k$ - закон сообщающихся сосудов,

где $\sum_{i=1}^n P_i$ - сумма давлений столбов жидкостей

в I сосуде, а $\sum_{k=1}^m P_k$ - сумма давлений столбов

жидкостей, находящихся во втором сосуде над нулевым уровнем 00.

На тело, погруженное в жидкость (или газ) действует выталкивающая сила F_A .

$F_A = \rho_{\text{ж}} g V$ – закон Архимеда,

где F_A – модуль выталкивающей силы;

V – объем погруженной в жидкость

части тела; $\rho_{\text{ж}}$ – плотность жидкости.

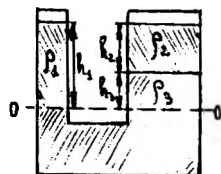
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ:

1. Сохраняют ли жидкости и газы свою форму?
2. Что называется давлением?
3. Сформулируйте закон Паскаля.
4. В каких единицах измеряется давление в системе СИ?
5. По какой формуле можно вычислить силу гидростатического давления на дно сосуда?
6. Одинаковы ли уровни жидкостей в сообщающихся сосудах:
 - а) однородной жидкости?
 - б) для разнородных жидкостей?
7. Что такое выталкивающая сила (сила Архимеда).
8. При каком условии тело плавает в жидкости? Тонет? Всплывает?

ЗАДАЧА:

Полный цинковый шар, внешний объем которого 200 см^3 , плавает так, что половина его находится в воде. Найти объем свободного пространства внутри шара.

$$V_1 = 200 \text{ см}^3 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$$



$$\rho_{\text{в}} = 10^3 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_{\text{zn}} = 7,1 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$$

$$V_2 = ?$$

РЕШЕНИЕ:

На шар действуют две силы.

Сила тяжести mg и сила Архимеда F_A

$$mg = \rho_{\text{zn}} g (V_1 - V_2)$$

$$F_A = 1/2 \rho_{\text{в}} g V_1$$

Так как шар находится в равновесии, то эти силы равны

$$\rho_{\text{zn}} g (V_1 - V_2) = 1/2 \rho_{\text{в}} g V_1$$

Отсюда находим V_2

$$V_2 = V_1 - \frac{\rho_{\text{в}} V_1}{2 \rho_{\text{zn}}}$$

Вычисляем V_2

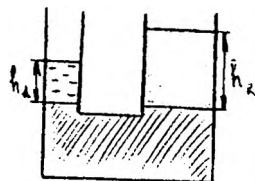
$$V_2 = 2 \cdot 10^{-4} - \frac{10^3 \cdot 2 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 7,1 \cdot 10^3} = 1,86 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$$



ЗАДАЧИ ДЛЯ АУДИТОРНОГО РЕШЕНИЯ:

1. Мальчик массой $m = 45 \text{ кг}$ стоит на лыжах. Длина каждой лыжи $L = 1,5 \text{ м}$ и ширина $d = 10 \text{ см}$. Какое давление мальчик оказывает на снег?

2. В двух сообщающихся сосудах находится ртуть. В один сосуд налили масло высотой $h_2 = 20 \text{ см}$, в другой воду, при этом уровни ртути в сосудах не изменился. Чему равна высота воды h_1 ?



3. Объем части айсберга над поверхностью воды $V_1 = 200 \text{ м}^3$. Найти объем и массу всего айсберга.

4. Дерево плавает в воде. Погруженная часть тела составляет $3/4$ всего объема. Определить плотность дерева.

ЗАДАЧИ ДЛЯ ДОМАШНЕГО РЕШЕНИЯ:

1. В сообщающиеся сосуды налита ртуть, а поверх нее в один сосуд – масло высотой 48 см , а в другой – керосин высотой 20 см . Определить разность уровней ртути в обоих сосудах.

2. Какую силу надо приложить, чтобы удержать в воде камень, массой $m = 10 \text{ кг}$? Плотность вещества камня $\rho_{\text{к}} = 2,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

ЗАДАНИЕ №15

Тема: Атмосферное давление

Контрольная работа по темам: «Статика».

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ:

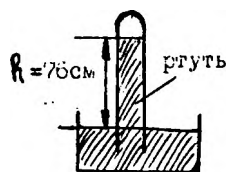
Атмосфера оказывает давление на находящиеся в ней тела.

Давление атмосферы на Землю измерил Торричелли. Из опыта следует, что атмосферное давление численно равно давлению ртутного столба высотой 76 см.

$P_0 = 760$ мм.рт.ст. – нормальное атмосферное давление.

$$P_0 = \rho_{\text{рт}} gh = 13,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3 \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 0,76 \text{ м} = 1,03 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2 = 1,03 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

1 мм.рт.ст. = 133,3 Па.



Опыт Торричелли

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ:

1. Какой опыт позволил определить давление земной атмосферы?
2. Зависит ли высота уровня ртути в опыте Торричелли от диаметра трубки? От её наклона к горизонту?

ЗАДАЧИ ДЛЯ АУДИТОРНОГО РЕШЕНИЯ:

1. Балка массой $m = 800$ кг имеет длину $L = 4$ м и точку опоры на расстоянии

$L_1 = 1,9$ м от ее левого конца. На каком расстоянии от этого конца должен стоять человек массой $M = 80$ кг, чтобы балка была в равновесии?

2. Аэростат, наполненный водородом, поднимается с ускорением $a = 1 \text{ м/с}^2$. Масса оболочки с грузом $m = 700$ кг. Плотность воздуха $\rho_c = 1,29 \text{ кг/м}^3$.

Определить объём аэростата $V = ?$

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

Вариант 1

1. Груз массой 60 кг висит на двух канатах АВ и СВ. Угол $ABC = 120^\circ$. Определить силы, действующие на канаты. Рис. 1.

2. Определить момент силы F относительно точки O , если $OA = 1,2$ м, $\alpha = 120^\circ$. $F = 130$ Н. Рис. 2

3. Определить разность уровней ртути в сообщающихся сосудах, если в один из них налить воду высотой 68 см.

$$\rho_{\text{рт}} = 13600 \text{ кг/м}^3, \quad \rho_c = 1000 \text{ кг/м}^3$$

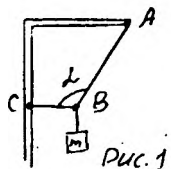


Рис. 1

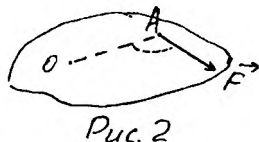


Рис. 2

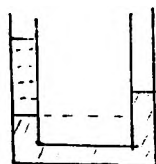


Рис. 3

Вариант 2

1. На кронштейне подвешен груз массой 4 кг. Найти момент силы тяжести относительно точек А, В, С, если $BC = 2$ м, угол $\alpha = 45^\circ$. Рис. 1.

2. К концам невесомого стержня приложены силы $F_1=20$ Н и $F_2=100$ Н. На каком расстоянии от силы F_2 находится точка опоры? Рис. 2.
3. Над поверхностью воды находится объём льда 195 м³. Определить объём всего льда и его массу. Рис. 3.

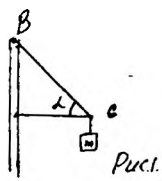


Рис. 1



Рис. 2.

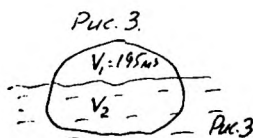


Рис. 3

Вариант 3

1. Тело площадью 4 м² находится на глубине 300 м. Какая сила давления действует на тело?
2. Труба длиной $2,4$ м и массой 48 кг имеет опору с правой стороны на расстоянии $0,6$ м. Какую силу прикладывают с другой стороны трубы, чтобы было равновесие? Рис. 1
3. Найти равнодействующую силу, если $F_1=2$ Н, $F_2=7$ Н, $F_3=5$ Н, $F_4=3$ Н. Рис. 2

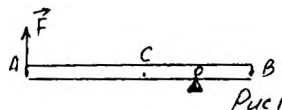


Рис. 1

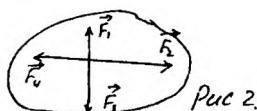


Рис. 2.

Вариант 4

1. Груз массой 10 кг висит на кронштейне ABC. $AC=150$ мм, $BC=250$ мм. Определить силы упругости стержня AC и BC. Рис. 1
2. Объём айсберга под водой равен 500 м³. Найти объём всего айсберга и его массу. Рис. 2
3. Две силы 3 Н и 4 Н приложены к одной точке, угол между ними 90° . Чему равна равнодействующая этих сил? Рис. 3

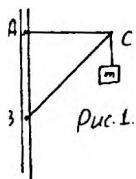


Рис. 1.

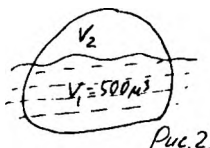


Рис. 2.

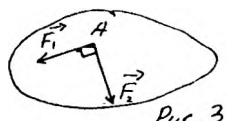
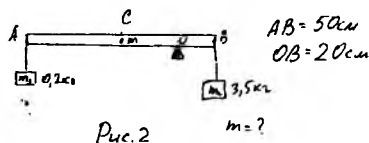
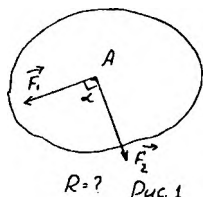


Рис. 3.

Вариант 5

1. Какая сила давления действует на дно сосуда площадью 4 м^2 при погружении его в воду на глубину 300 м ?
2. Две силы $F_1=3 \text{ Н}$ и $F_2=5 \text{ Н}$, приложены к одной точке тела. Угол между ними $\alpha=90^\circ$. Чему равна равнодействующая этих сил? Рис. 1
3. Стержень имеет длину 50 см . На одном конце стержня повесили тело $0,2 \text{ кг}$ на втором $3,5 \text{ кг}$. Точка опоры находится на расстоянии 20 см от второго тела. Чему равна масса стержня, если он находится в равновесии? Рис. 2



ЗАДАНИЕ №16

Тема: Молекулярная физика и термодинамика.

Основные положения молекулярно-кинетической теории.

Основные положения молекулярно-кинетической теории (МКТ) сводятся к следующему.

1. Все тела – твёрдые, жидкие и газообразные – состоят из молекул. Молекула – мельчайшая частица вещества, сохраняющая все его свойства.
2. Молекулы находятся в состоянии непрерывного беспорядочного (хаотического) движения. Характер движения зависит от агрегатного состояния вещества.
3. Между молекулами действуют силы взаимодействия – силы притяжения и отталкивания.

Число атомов или молекул в телах очень велико. Поэтому для определения их числа в данном теле вводят физическую величину ν – количество вещества, измеряемую в молях.

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ:

$$\nu = \frac{m}{M} = \frac{N}{N_A} \text{ - количество вещества, где}$$

m – масса вещества,

M – молярная масса,

N – число частиц (атомов, молекул) вещества,

$N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$ – постоянная Авогадро.

В одном моле вещества содержится определенное и для всех веществ одинаковое число молекул, называемое числом Авогадро (N_A).

$$m_0 = \frac{m}{N} = \frac{M}{N_A} - \text{масса одной молекулы.}$$

$$P = \frac{1}{3} \cdot m_0 \cdot n \cdot \bar{v}_{\text{кв}}^2 - \text{основное уравнение МКТ, где}$$

P – давление газа,

n – концентрация молекул,

$\bar{v}_{\text{кв}}$ – средняя квадратичная скорость молекул.

$$n = \frac{N}{V} - \text{концентрация молекул, где } V - \text{объём вещества.}$$

$$\bar{W}_k = \frac{m_0 \cdot \bar{v}_{\text{кв}}^2}{2} = \frac{3}{2} kT - \text{средняя кинетическая энергия поступательного}$$

движения молекул одноатомного газа,

где T – абсолютная температура,

$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$ – постоянная Больцмана.

$T = (t^\circ\text{C} + 273) \text{ К}$

Соотношение между абсолютной температурой T , (измеряемой в Кельвинах, и температурой по шкале Цельсия $t^\circ\text{C}$).

Средняя кинетическая энергия молекул зависит только от абсолютной температуры идеального газа.

$$P = n \cdot k \cdot T - \text{давление газа.}$$

$$\bar{v}_{\text{кв}} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} - \text{средняя квадратичная скорость молекул.}$$

$$k = \frac{R}{N_A} - \text{постоянная Больцмана, где}$$

$$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} - \text{универсальная газовая постоянная.}$$

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ:

1. В чём состоят основные положения молекулярно-кинетической теории (МКТ)?
2. Что называется а) молекулой? б) атомом?
3. Что понимают под одним Авогадро?
4. Что понимают под одним молем вещества?
5. Как температура по шкале Цельсия связана с температурой по шкале Кельвина?
6. Какой формулой выражается основное уравнение МКТ?
7. Какой формулой выражается связь между средней кинетической энергией молекул и температурой?

ЗАДАЧА:

За время $t = 10$ суток из стакана полностью испарилось $m = 100$ г воды. Сколько в среднем молекул вылетало с поверхности воды за 1 с?
 $t = 10 \text{ суток} = 10 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ с}$

$$m = 100 \text{ г} = 0,1 \text{ кг} = 1 \cdot 10^{-1} \text{ кг}$$

$n = ?$

РЕШЕНИЕ

Пусть в стакане содержится N молекул воды.

Тогда за каждую секунду вылетало в среднем $n = \frac{N}{t}$ молекул.

$$N = \nu \cdot N_A, \text{ где } \nu - \text{число молей воды в стакане. } \nu = \frac{m}{\mu}, \text{ где } \mu = 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}} -$$

молярная масса воды.

$$\text{Следовательно, } n = \frac{m N_A}{\mu t} = \frac{10^{-1} \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{18 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 24 \cdot 3600} = 4 \cdot 10^{18} \text{ с}^{-1}$$

ЗАДАЧИ ДЛЯ АУДИТОРНОГО РЕШЕНИЯ:

1. Какая масса $N = 10^6$ молекул воды?
2. Во сколько раз число молекул в $m_{O_2} = 2$ кг кислорода меньше, чем в $m_{H_2} = 1$ кг водорода?
3. Во сколько раз средняя квадратичная скорость молекул гелия меньше средней квадратичной скорости молекул водорода при одинаковой температуре?
4. Плотность урана $\rho = 19,1 \text{ г/см}^3$. Найти объём куска урана, в котором содержится $N = 1,44 \cdot 10^{24}$ молекул.
5. Определить концентрацию молекул водорода, находящегося под давлением $P = 26,7$ кПа, если средняя квадратичная скорость $\bar{v}_{\text{кв}} = 2,4 \text{ км/с}$.
6. Найти среднюю кинетическую энергию поступательного движения молекул воздуха при нормальных условиях, если концентрация молекул воздуха равна $n = 2,7 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$.

ЗАДАЧИ ДЛЯ ДОМАШНЕГО РЕШЕНИЯ:

1. Сколько молекул содержится в $m = 2$ г водяного пара?
2. Определить число молекул кислорода, занимающего объём $V = 2$ л и находящегося под давлением $P = 90,6$ кПа, если средняя квадратичная скорость молекул $\bar{v}_{\text{кв}} = 720 \text{ м/с}$.

ЗАДАНИЕ №17

Тема: Газовые законы. Идеальный газ. Изопроцессы идеального газа.
ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ:

Идеальный газ – это такой газ, у которого:

- 1) расстояние между молекулами много больше размера молекул;

- 2) молекулы не притягиваются и не отталкиваются, они взаимодействуют только при столкновениях.

Состояние идеального газа характеризуют следующие параметры: давление P , объем V , температура T и масса m .

$T = t + 273$ – соотношение между абсолютной температурой T и температурой по шкале Цельсия.

$\frac{PV}{T} = \text{const}$ при $m = \text{const}$ – уравнение Клапейрона.

$PV = \text{const}$ при $m = \text{const}$, $T = \text{const}$ – закон Бойля-Мариотта.

$\frac{P}{T} = \text{const}$ при $m = \text{const}$, $V = \text{const}$ – закон Шарля.

$\frac{V}{T} = \text{const}$ при $m = \text{const}$, $P = \text{const}$ – закон Гей-Люссака.

$P = \sum_{i=1}^n P_i$ – закон Дальтона, где P – давление смеси n газов, P_i –

парциальное давление одного газа.

$A = P \cdot \Delta V$ при $P = \text{const}$ – работ идеального газа, где ΔV – изменение объема газа.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ:

1. При каких условиях реальный газ по своим свойствам близок к идеальному?
2. Какой процесс называется изотермическим?
3. Какая формула выражает закон Бойля-Мариотта? При каком условии он справедлив?
4. Какой процесс называется изохорным?
5. Какой процесс называется изобарным?
6. Каким графиком изображается а) изотермический процесс, б) изобарный процесс, в) изохорный процесс?
7. Какой формулой выражается работа идеального газа?

ЗАДАЧА:

Объем пузырька воздуха по мере всплытия его со дна озера на поверхность увеличился в 3 раза. Какова глубина озера?

$$V_2 = 3V_1$$

$$h = ?$$

РЕШЕНИЕ:

Считаем, что температура воды в озере на любой глубине постоянна. Тогда по закону Бойля-Мариотта имеем:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2,$$

где P_1 , P_2 – давление воздуха в пузырьке у дна и у поверхности.

Очевидно, что давление воздуха в пузырьке у поверхности озера P_2 равно атмосферному P_0 , а давление у дна $P_1 = P_0 + \rho gh$, где ρ плотность воды, h – глубина озера.

Тогда $(P_0 + \rho gh) \cdot V_1 = P_0 3V_1$

Тогда имеем $P_0 + \rho gh = 3P_0$ или $2P_0 = \rho gh$

Откуда $h = \frac{2P_0}{\rho g}$

$$h = \frac{2 \cdot 1,01 \cdot 10^5}{10^3 \cdot 9,8} \approx 20,6 \text{ м}$$

ЗАДАЧИ ДЛЯ АУДИТОРНОГО РЕШЕНИЯ:

1. Со дна водоёма поднимается пузырёк газа. Как изменится объём пузырька?
2. Газ при $t_1 = 27^\circ\text{C}$ занимает объём V . До какой температуры его следует изобарно охладить, чтобы объём стал равным $0,75V$?
3. При $t_1 = 27^\circ\text{C}$ газ находится под давлением $P_1 = 100 \text{ кПа}$. На сколько изменится его давление при изохорном нагревании до $t_2 = 57^\circ\text{C}$?
4. В вертикальном цилиндре под поршнем находится газ. Масса поршня $0,6 \text{ кг}$, площадь его 20 см^2 , атмосферное давление 100 кПа . С какой силой надо действовать на поршень, чтобы объём газа уменьшить в два раза?
5. В цилиндре находится $V_1 = 3 \text{ м}^3$ воздуха под давлением $P = 6 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Температура воздуха $T_1 = 300 \text{ К}$. Определить работу, совершённую воздухом при нагревании до 333 К при постоянном давлении.

ЗАДАЧИ ДЛЯ ДОМАШНЕГО РЕШЕНИЯ:

1. В цилиндре объёмом $V_1 = 10 \text{ л}$ находится водород под давлением 20 атм . Какой объём занял бы этот водород при атмосферном давлении и той же температуре?
2. В вертикально расположенном цилиндре с площадью основания $0,2 \text{ м}^2$ под легким поршнем находится 500 л воздуха. На сколько измениться объём, если положить на поршень груз массой 100 кг ? Атмосферное давление 100 кПа .

ЗАДАНИЕ №18

Тема: Уравнение состояния идеального газа.

Контрольная работа по теме: «Основы МТК. Идеальный газ»

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ:

Уравнение состояния для моля газа:

$PV = RT$, где

$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$ называется молярной газовой постоянной.

Для любой массы газа m имеем

$$PV = \frac{m}{\mu} RT.$$

Здесь $\frac{m}{\mu}$ – число молей данного газа, P, V, T – давление, объём и температура данного газового состояния.

Это уравнение называется уравнением Менделеева-Клапейрона.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ:

1. При переходе определенной массы газа из одного состояния в другое его давление уменьшается, а температура увеличивается. Как изменяется его объём?
2. При переходе определенной массы идеального газа из одного состояния в другое его объём линейно уменьшается с повышением температуры. Как изменяется давление газа?
3. Выведите зависимость плотности идеального газа от температуры, пользуясь уравнением Менделеева-Клапейрона.
4. Исходя из уравнения Менделеева-Клапейрона, выведите законы идеального газа для изопроцессов.

ЗАДАЧА:

В баллоне ёмкостью 15 л находится кислород под давлением 60 атм. Температура окружающего воздуха 250 К. Определить массу кислорода.

$$V = 15 \text{ л} = 15 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$p = 60 \text{ атм};$$

$$T = 250 \text{ К}.$$

$m = ?$

РЕШЕНИЕ:

Задачу можно решить, используя уравнение Менделеева-Клапейрона (уравнение состояния идеального газа)

$$pV = \frac{m}{\mu} RT$$

Решаем это уравнение относительно массы m :

$$m = pV\mu / (RT)$$

Вычисляем m (давление необходимо выразить в паскалях):

$$m = \frac{60 \cdot 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 15 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \cdot 32 \cdot 10^{-3} \text{ кг} / \text{моль}}{8,31 \text{ Дж} / (\text{моль} \cdot \text{К}) \cdot 250 \text{ К}} \approx 1,4 \text{ кг}$$

Ответ: $m \approx 1,4 \text{ кг}$.

ЗАДАЧИ ДЛЯ АУДИТОРНОГО РЕШЕНИЯ:

1. В баллоне объёмом 100 л помещено 0,8 кг водорода и 1,6 кг кислорода. Определить давление смеси на стенки сосуда, если температура окружающей среды 27°C .
2. Плотность газа $\rho = 2,5 \text{ кг/м}^3$ при $t = 10^\circ\text{C}$ и нормальном атмосферным давлением. Определить молярную массу этого газа.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ПО ТЕМЕ: Идеальный газ. Основы МКТ.

Вариант 1

1. Какую массу имеют $3 \cdot 10^{23}$ молекул азота?
2. В цилиндре находится $V_1 = 2 \text{ м}^3$ воздуха под давлением $P = 5 \cdot 10^5 \text{ Па}$ и при температуре $T_1 = 300 \text{ К}$. Воздух нагрели до $T_2 = 330 \text{ К}$ при постоянном давлении. Определить работу, совершенную газом.
3. Плотность газа составляет $2,5 \text{ кг/м}^3$ при 10^0 С и нормальном атмосферном давлении ($P = 1,03 \cdot 10^5 \text{ Па}$). Определить молярную массу этого газа.

Вариант 2

1. Сколько молекул содержится в $m = 0,32 \text{ кг}$ кислорода?
2. В баллоне объемом $V = 110 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ находится $m_1 = 0,8 \text{ кг}$ водорода и $m_2 = 1,6 \text{ кг}$ кислорода при температуре $t = 27^\circ \text{С}$. Определить давление смеси на стенки сосуда.
3. 10 л газа, взятого при температуре 30°С , нагрели до температуры 150°С при постоянном давлении $1,5 \text{ атм}$. Какую работу произвел газ при расширении?

ЗАДАНИЕ №19

Тема: I Закон термодинамики

Тепловые явления. Управление теплового баланса.

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ:

Теплопередачей называется процесс изменения внутренней энергии системы без совершения над ней работы внешними силами.

Мера изменения внутренней энергии в процессе теплопередачи называется количеством теплоты (Q).

$Q = cm(T_2 - T_1)$ - количество теплоты, необходимое для нагревания и охлаждения тел, где c – удельная теплоёмкость вещества; m – масса тела; T_1, T_2 – соответственно начальная и конечная температура тела.

$(T_2 - T_1) = (t_2^\circ - t_1^\circ)$. $cm = C$ – теплоёмкость тела.

$Q = \begin{cases} \lambda m, \\ gm, \\ qm. \end{cases}$ - количество теплоты, необходимое для изменения агрегатного

состояния вещества, где λ – удельная теплота плавления; g – удельная теплота парообразования; q – удельная теплота сгорания топлива.

При совершении работы внутренняя энергия системы тел может изменяться.

$\Delta U = A_{\text{вн}} + Q$
 $Q = A + \Delta U$ } - первый закон термодинамики, где ΔU – изменение внутренней

энергии; $A_{\text{вн}}$ – работа, произведённая внешними силами над системой; A – работа, произведённая системой над внешними силами; Q – количество теплоты, сообщённое системе.

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} - \text{КПД теплового двигателя, где } A - \text{полезная работа,}$$

совершаемая тепловым двигателем; Q_1 – количество теплоты, полученное двигателем от нагревателя; Q_2 – количество теплоты, отданное холодильнику.

$$\eta_{\text{max}} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} - \text{максимальное значение КПД теплового двигателя,}$$

где T_1, T_2 – температура нагревателя и холодильника соответственно.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ:

1. Как формулируется закон сохранения энергии в термодинамике?
2. Какой формулой выражается работа, совершённая за цикл тепловым двигателем?
3. Что называется удельной теплотой плавления?
4. По какой формуле определяется количество теплоты, необходимое для плавления вещества?
5. Что можно сказать об изменении температуры в процессе плавления кристаллического вещества?
6. По какой формуле определяется количество теплоты, необходимое для парообразования?
7. Чем отличается испарение от кипения?

ЗАДАЧА:

Какое количество теплоты превратится в пар, если в сосуд, содержащий 1 кг воды при 20°C , влить 10 кг расплавленного свинца при температуре плавления? Сосуд латунный, его масса равна 0,5 кг.

$$m_1 = 1 \text{ кг}$$

$$m_2 = 0,5 \text{ кг}$$

$$m_3 = 10 \text{ кг}$$

$$T_1 = T_2 = (273 + 20) = 293 \text{ К}$$

$$m = ?$$

РЕШЕНИЕ:

В теплообмене участвуют три тела: свинец, вода и калориметр, причем свинец, отдавая теплоту, отвердевает и охлаждается; калориметр и вода, получая теплоту, нагреваются, при этом часть воды превращается в пар.

После теплообмена в калориметре устанавливается температура θ , равная 373 К (точка парообразования воды).

Составим уравнение теплового баланса:

$$Q_1 + Q_2 = Q_3$$

где $Q_1 = \sum \Delta U_1 = m_1 c_1 (\theta - T_1) + m r_1$ и $Q_2 = \Delta U_2 = m_2 c_2 (\theta - T_2)$ - количество теплоты, полученные водой и калориметром соответственно; $Q_3 = \sum \Delta U_3 = m_3 \lambda_3 + m_3 c_3 (T_{\text{нз}} - \theta)$ - количество теплоты, отданное свинцом. Подставляя в уравнение теплового баланса значения Q_1 , Q_2 , и Q_3 получим $m_1 c_1 (\theta - T_1) + m r_1 + m_2 c_2 (\theta - T_2) = m_3 \lambda_3 + m_3 c_3 (T_{\text{нз}} - \theta)$,

откуда

$$m = \frac{m_1 [\lambda_3 + c_3 (T_{\text{нз}} - \theta)] - (m_1 c_1 + m_2 c_2) (\theta - T_1)}{r_1};$$

$$m = \frac{10 [0,25 \cdot 10^5 + 0,13 \cdot 10^3 (600 - 373)]}{22,6 \cdot 10^3} - \frac{(1,4 \cdot 19 \cdot 10^3 + 0,5 \cdot 0,38 \cdot 10^3) (373 - 293)}{22,6 \cdot 10^3} \approx 0,08 (\text{кг})$$

ЗАДАЧИ ДЛЯ АУДИТОРНОГО РЕШЕНИЯ:

1. Стальное тело массой $m_1 = 0,4$ кг при температуре t_1 поместили в масло. Масло нагрелось от $t_2 = 10^\circ\text{C}$ до $t_3 = 30^\circ\text{C}$. Масса масла $m_2 = 1$ кг, а удельная теплоёмкость $c_2 = 1,9 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}$. Теплоёмкость сосуда не учитывать. До какой температуры было нагрето тело?
2. Сколько нужно затратить теплоты, чтобы $m_1 = 3$ кг льда, взятого при температуре $t_1 = -20^\circ\text{C}$, расплавить и полученную воду нагреть до $t_3 = 80^\circ\text{C}$? Температура плавления льда $t_2 = 0^\circ\text{C}$.
3. Сколько нужно затратить теплоты, чтобы $m_1 = 2$ кг воды, взятой при температуре $t_1 = 20^\circ\text{C}$, превратить в пар?
4. Сколько железа, взятого при $t_1 = 20^\circ\text{C}$, можно расплавить в печи, в которой сгорает $m_2 = 100$ кг угля (при КПД = 60%)?

ЗАДАЧИ ДЛЯ ДОМАШНЕГО РЕШЕНИЯ:

1. Пар при температуре $t_1 = 100^\circ\text{C}$ впускают в холодную воду массой $m_2 = 12$ кг. Масса пара $m_1 = 1$ кг. После конденсации пара температура воды стала $t = 70^\circ\text{C}$. Определить начальную температуру t_2 воды.
2. Тело массой $m_1 = 350$ кг падает с высоты $h = 2$ м на железную деталь массой $m_2 = 2$ кг. На сколько градусов нагрелась деталь, если на её нагревание расходуется 50% энергии падающего тела?

ЗАДАНИЕ №20

Тема: Свойства паров. Влажность.

Контрольная работа по теме: Тепловые явления.

Над поверхностью жидкости вследствие её испарения всегда находится пар этой жидкости. Различают пары насыщающие и ненасыщающие.

Насыщающим называется такой пар, который находится в динамическом равновесии со своей жидкостью, когда число молекул,

вылетающих с поверхности жидкости в единицу времени, равно числу молекул, возвращающихся в жидкость.

Ненасыщенными называется такой пар, плотность и давление которого меньше, чем плотность и давление насыщающего пара при данной температуре. Ненасыщающий пар по своей природе не отличается от обычного газа. Для него справедливо уравнение Менделеева-Клапейрона.

$$pV = \frac{m}{\mu} RT$$

Воздух, содержащий водяной пар, называется влажным, а не содержащий водяного пара – сухим.

Различают абсолютную и относительную влажности.

Абсолютной влажностью ρ называют массу m водяного пара, содержащуюся в 1 м^3 воздуха при данной температуре, т.е. плотность водяного пара при данной температуре.

Относительной влажностью B называют отношение плотности водяного пара ρ при данной температуре к плотности насыщенного пара ρ_* при

той же температуре: $B = \frac{\rho}{\rho_*} \cdot 100\%$

Ненасыщенный пар может быть превращен в насыщающий путём изохорного охлаждения. Температура, при которой пар становится насыщающим, называется точкой росы T_p .

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ:

1. Какой воздух тяжелее: сухой или влажный (при одинаковых температуре и давлении).
2. Почему с увеличением температуры давление насыщенного пара растет быстрее чем ненасыщенного?
3. При каких условиях при увеличении абсолютной влажности атмосферного воздуха происходит уменьшение относительной влажности.
4. Что называется абсолютной влажностью, относительной влажностью? Что такое точки росы?

ЗАДАЧА:

Определить абсолютную влажность воздуха, если его температура 15°C , а относительная влажность 80%.

$$T = 273^\circ\text{C} + 15^\circ\text{C} = 288\text{ K}; B = 80\% = 0,8$$

$\rho = ?$

РЕШЕНИЕ:

По определению, относительная влажность равна

$$B = \frac{\rho}{\rho_*},$$

откуда $\rho = B\rho_*$. Плотность насыщающего пара ρ_* при 288 К находим из таблицы: $\rho_* = 12,8 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$. Тогда $\rho = 0,8 \cdot 12,8 \cdot 10^{-3} \approx 1,02 \cdot 10^{-2} \text{ (кг/м}^3\text{)}$.

ЗАДАЧИ ДЛЯ АУДИТОРНОГО РЕШЕНИЯ:

1. В 5 м^3 воздуха содержится 80 г водяного пара. Определить абсолютную влажность воздуха.
2. Температура воздуха 18°C , точка росы 8°C . Какова абсолютная и относительная влажность воздуха?
3. Температура воздуха 25°C . Относительная влажность 60%. При какой температуре появляется роса?

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ПО ТЕМЕ: «Тепловые явления»

Вариант 1

1. Сколько нужно затратить теплоты, чтобы $m = 3 \text{ кг}$ льда, взятого при температуре $t_1 = -20^\circ\text{C}$, расплавить?
2. Сколько воды, взятой при температуре $t_1 = 20^\circ\text{C}$, можно нагреть до $t_2 = 60^\circ\text{C}$ в нагревателе, в котором сгорает $m = 0,1 \text{ кг}$ керосина (КПД нагревателя 60%)?

Вариант 2

1. Сколько нужно затратить теплоты, чтобы $m = 3 \text{ кг}$ воды, взятой при температуре $t_1 = 20^\circ\text{C}$, превратить в пар при температуре $t_2 = 100^\circ\text{C}$?
2. В комнате объёмом $V = 10 \times 5 \times 4 \text{ м}^3$ температура воздуха $t_1 = 20^\circ\text{C}$, а точка росы $t_p = 12^\circ\text{C}$. Найти относительную влажность и массу водяного пара в комнате.

Вариант 3

1. Свинцовая пуля летит со скоростью 200 м/с и попадает в стену. На сколько градусов нагрелась пуля, если 80 % её кинетической энергии превратилась в теплоту.
2. Сколько нужно затратить теплоты, чтобы $1,5 \text{ кг}$ льда взятого при температуре (-10°C) расплавить, а полученную воду нагреть до 60°C ?

ЗАДАНИЕ №21

Тема: Электростатика. Закон Кулона.

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ:

$q = eN$ - заряд тела (частицы), где e – элементарный заряд; N – число элементарных зарядов; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$.

$$F = \frac{q_1 \cdot q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \text{ - закон Кулона, где } F \text{ – модуль силы взаимодействующих}$$

точечных зарядов в вакууме; q_1, q_2 – точечные заряды; r –

расстояние между ними; ϵ_0 – электрическая постоянная $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м.

Напряженностью электрического поля в данной точке называется физическая величина, численно равная силе, действующей на единичный положительный заряд, помещенный в эту точку поля.

Электрическое поле, в котором напряженность одинакова во всех точках, называется однородным.

$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$ – напряжённость электрического поля, где \vec{F} – сила, действующая на положительный пробный заряд q_0 (заряд, помещенный в данную точку поля).

$\epsilon = \frac{E_0}{E}$ – диэлектрическая проницаемость среды, где E_0 , E – модули напряжённости электрического поля в вакууме и среде соответственно.

В системе СИ за единицу напряженности электрического поля принята напряженность такой точки поля, в которой на единицу заряда 1 Кл действует сила

1 Н. Напряженность поля измеряется в ньютонах на кулон (Н/Кл) или, что тоже самое в вольтах на метр (В/м).

$F = \frac{q_1 \cdot q_2}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2}$ – закон Кулона для среды.

$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2}$ – модуль напряжённости электрического поля точечного заряда в среде, где q – заряд, создающий поле.

$\vec{E} = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i$ – принцип суперпозиции полей, где \vec{E} – напряжённость результирующего поля; \vec{E}_i – напряжённость i -го поля.

$\sigma = \frac{q}{S}$ – поверхностная плотность заряда q , где S – площадь поверхности.

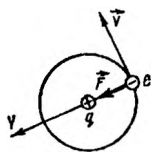
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ:

1. Как взаимодействуют электрические заряды
а) одноимённые; б) разноимённые?
2. Что принято за единицу заряда в СИ?
3. Какая формула выражает закон Кулона в среде?
4. Какие электрические заряды называются точечными?
5. Какая величина является силовой характеристикой электрического поля?
6. Укажите единицу напряжённости.

7. По какой формуле рассчитывается напряжённость поля точечного заряда?

ЗАДАЧА:

По первоначальным представлениям Бора, электрон в атоме водорода двигался по круговой орбите. Вычислить скорость движения электрона, если радиус его орбиты $0,5 \cdot 10^{-8}$ см.



$$R = 0,5 \cdot 10^{-8} \text{ см} = 5 \cdot 10^{-11} \text{ м.}$$

$$v = ?$$

РЕШЕНИЕ:

На электрон, движущийся по круговой орбите, действует электрическая сила его взаимодействия с ядром, равная

$$F = \frac{|e|q}{4\pi\epsilon R^2},$$

где $|e|$ - абсолютное значение заряда электрона, q - заряд ядра атома водорода,

R - радиус орбиты электрона.

Пренебрегая силой гравитационного взаимодействия электрона с ядром, запишем для электрона уравнение второго закона Ньютона в скалярной форме относительно оси y :

$$F = ma_y,$$

Где m - масса электрона, $a_y = a_n = v^2 / R$.

$$\text{Тогда } \frac{|e|q}{4\pi\epsilon_0\epsilon R^2} = \frac{mv^2}{R},$$

$$\text{Откуда } v = \sqrt{\frac{|e|q}{4\pi\epsilon_0\epsilon m R}}, \quad v = \sqrt{\frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1,6 \cdot 10^{-9}}{4 \cdot 3,14 \cdot 8,87 \cdot 10^{-12} \cdot 1 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 5 \cdot 10^{-11}}} \approx 2,24 \cdot 10^6 \text{ (м/с)}.$$

ЗАДАЧИ ДЛЯ АУДИТОРНОГО РЕШЕНИЯ:

- В А С

• ⊕ • ⊖ •

$+q_1$ $-q_2$

В какой точке (А, В, С) на пробный заряд действует наибольшая сила?
- ← \vec{E} •

q_1

○ → \vec{E}

q_2

Укажите знаки зарядов q_1 и q_2 , если \vec{E} - векторы напряжённости.

3. Два одинаковых маленьких тела, которые находятся на расстоянии $r = 9$ см, отталкиваются друг от друга в воздух с силой $F = 7 \cdot 10^{-19}$ Н. Сколько электронов потеряло каждое тело?

4. Маленький шарик массой $m = 50$ г и зарядом $q_1 = 50$ нКл подвешен в воздухе на нити. Под ним на расстоянии $r = 3$ см поместили второй заряд q_2 , после чего сила натяжения нити стала в 2 раза меньше. Определить величину заряда q_2 .

5. Два точечных заряда $q_1 = -10$ нКл и $q_2 = +40$ нКл расположены на расстоянии $r = 0,2$ м друг от друга в вакууме. Определить напряжённость поля в точке между зарядами.

6. Определить заряд пылинки массой $m = 10$ мг, если она находится в равновесии в поле напряжённостью $E = 1$ кН/Кл.

ЗАДАЧИ ДЛЯ ДОМАШНЕГО РЕШЕНИЯ:

1. Два заряда $q_1 = +40$ нКл и $q_2 = +90$ нКл находятся на расстоянии $r = 5$ см друг от друга в вакууме. Какая сила будет действовать на заряд $q_3 = +30$ нКл, помещённый посреди между зарядами q_1 и q_2 ?

2. Пылинка массой $m = 3,2 \cdot 10^{-8}$ г имеет $N = 10^3$ избыточных электронов и находится в равновесии в однородном электрическом поле. Какова напряжённость этого поля?

ЗАДАНИЕ №22

Тема: Работа электрических сил. Потенциал.

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ:

Потенциалом электрического поля называется физическая величина, численно равная работе, совершаемой силами поля при перемещении единичного положительного заряда из данной точки поля в точку, потенциал которой условно принят равным нулю.

За единицу потенциала в системе СИ принят вольт (В). Вольт-потенциал такой точки поля, при перемещении из которой заряда 1 Кл в точку с нулевым потенциалом совершается работа, равная 1 Дж.

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$$
 - потенциал поля точечного заряда, где q – заряд; r – расстояние от заряда до точки.

$$A = q_0(\varphi_1 - \varphi_2) = q_0 U$$
 - работа электрического поля по перемещению пробного заряда между двумя точками, где $U = \varphi_1 - \varphi_2$ - разность потенциалов (напряжение) между этими точками.

Связь между разностью потенциалов и напряжённостью однородного поля.

$E = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d} = \frac{U}{d}$ – модуль напряжённости однородного поля, где d – расстояние вдоль линии напряжённости между точками 1 и 2.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ:

1. Зависит ли работа по перемещению заряда в электрическом поле от формы траектории?
2. Чему равна работа по перемещению заряда в электрическом поле по замкнутой траектории?
3. Какая величина является энергетической характеристикой поля?
4. По какой формуле рассчитывается потенциал поля точечного заряда?
5. Какой формулой выражается связь между напряжённостью и разностью потенциалов?
6. По какой формуле определяется работа электрического поля по перемещению заряда между двумя точками поля?
7. Что понимают под разностью потенциалов?
8. Что понимают под эквипотенциальными поверхностями?

ЗАДАЧА:

Электрон вылетает из точки, потенциал которой 6000 В, имея скорость, направленную вдоль поля и равную $3 \cdot 10^7$ м/с. Определить потенциал точки, в которой скорость электрона станет равной нулю.

$$\begin{array}{l|l} \varphi = 6000 \text{ В}; & \varphi_2 = ? \\ \nu_1 = 3 \cdot 10^7 \text{ м/с} & e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \\ \nu_2 = 0 & m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \end{array}$$

РЕШЕНИЕ:

При движении электрон за счёт своей кинетической энергии совершает работу против сил поля, численно равную $e(\varphi_1 - \varphi_2)$. Поэтому

$$\frac{m\nu_1^2}{2} - \frac{m\nu_2^2}{2} = e(\varphi_1 - \varphi_2)$$

или, учитывая, что $\nu_2 = 0$,

$$\frac{m\nu_1^2}{2} = e(\varphi_1 - \varphi_2).$$

Отсюда

$$\varphi_2 = \frac{2e\varphi_1 - m\nu_1^2}{2e} = \varphi_1 - \frac{m\nu_1^2}{2e};$$

$$\varphi_2 = 6000 - \frac{9,1 \cdot 10^{-31} (3 \cdot 10^7)^2}{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 3440 \text{ (В)}.$$

ЗАДАЧИ ДЛЯ АУДИТОРНОГО РЕШЕНИЯ:

1. Поле создано точечным зарядом $q = 10$ нКл. Какую работу совершают силы поля при перемещении протона из точки, находящейся на расстоянии 16 см от заряда, в бесконечность?
2. При прохождении электрона между двумя точками поля его скорость возросла от $v_1 = 1,8 \cdot 10^7$ м/с до $v_2 = 3,1 \cdot 10^7$ м/с. Определить разность потенциалов между этими точками.
3. Частица массой $m = 10^{-8}$ г находится в электрическом поле, в котором разность потенциалов $U = 6 \cdot 10^3$ В между двумя эквипотенциальными поверхностями, находящимися на расстоянии $d = 5$ см. Каким зарядом обладает частица, если она находится в равновесии?

ЗАДАЧИ ДЛЯ ДОМАШНЕГО РЕШЕНИЯ:

1. Заряд $q_0 = 10^{-6}$ Кл перенесён из одной точки поля в другую. Какова разность потенциалов этих точек, если работа, совершённая при переносе заряда, $A = 6 \cdot 10^{-4}$ Дж?
2. Частица, заряд которой q равен $n = 5$ зарядам электрона, прошла в вакууме разность потенциалов $U = 3 \cdot 10^6$ В. Какую скорость получила частица, если её начальная скорость $v_0 = 0$?

ЗАДАНИЕ №23

Тема: Электроёмкость. Конденсаторы. Энергия электрического поля.
ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ:

$$C = \frac{q}{\varphi} - \text{электроёмкость уединённого проводника,}$$

где q – заряд, φ – потенциал проводника.

$$C = \frac{q}{U} - \text{ёмкость конденсатора, где } U - \text{напряжение между пластинами.}$$

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d} - \text{ёмкость плоского конденсатора, где } S - \text{площадь пластин;}$$

d – расстояние между ними; ϵ – диэлектрическая проницаемость между ними.

$$W = \frac{qU}{2} = \frac{q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2} - \text{энергия электрического поля плоского конденсатора.}$$

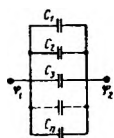


Рис. 1

На рис. 1 показано схематическое изображение параллельного соединения конденсаторов. На обкладках всех конденсаторов приложено одинаковое напряжение $U = \varphi_1 - \varphi_2$. Общий заряд на всех n конденсаторах определяется равенством $q = q_1 + q_2 + \dots + q_n$. $q = CU$, где C – общая электроём-

кость батареи конденсаторов.

$$C = C_1 + C_2 + \dots + C_n.$$

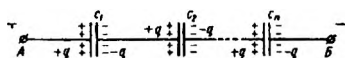


Рис. 2

На рис. 2 показано последовательное соединение конденсаторов. Заряды всех конденсаторов равны $|q_1| = |q_2| = \dots = |q_n| = q$. Общее напряжение между точками А и Б определяется из равенства

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n. \quad U = \frac{q}{C}, \text{ где } C - \text{общая емкость}$$

батареи последовательно соединенных конденсаторов, определяемая по формуле

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}.$$

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ:

1. Зависит ли ёмкость проводника от заряда на нём?
2. Зависит ли электроёмкость от материала проводника?
3. По какой формуле рассчитывается ёмкость плоского конденсатора?
4. По какой формуле рассчитывается энергия плоского конденсатора?
5. По какой формуле рассчитывается ёмкость батареи а) последовательно соединённых конденсаторов; б) параллельно соединённых конденсаторов?
6. Каковы по знаку заряды на обкладках конденсатора?
7. Каковы по величине заряды на обкладках конденсатора?

ЗАДАЧА:

Конденсатор заряжен до разности потенциалов 600 В и отключен от источника тока. Определить разность потенциалов между пластинками конденсатора, если расстояние между ними уменьшено вдвое.

РЕШЕНИЕ:

Разность потенциалов между пластинками конденсатора $U = \frac{q}{C}$. При изменении расстояния между пластинками изменяется емкость конденсатора, а заряд остается неизменным. Поэтому $U_1 = \frac{q}{C_1}$. Учитывая,

что емкость плоского конденсатора $C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$, найдем:

$$U = \frac{qd}{\epsilon_0 \epsilon S}; \quad U_1 = \frac{qd}{\epsilon_0 \epsilon S}.$$

Разделим первое равенство на второе:

$$\frac{U}{U_1} = \frac{d}{d_1} = \frac{2d}{d} = 2$$

Отсюда

$$U_1 = \frac{U}{2}; U_1 = \frac{600}{2} = 300(\text{В}).$$

ЗАДАЧИ ДЛЯ АУДИТОРНОГО РЕШЕНИЯ:

1. Пластины плоского конденсатора находятся друг от друга на расстоянии $d = 1$ см. Найти площадь пластин конденсатора, если его ёмкость $C = 1$ пф, а пространство между пластинами заполнено стеклом ($\epsilon = 9$).

2. Конденсаторы ёмкостями $C_1 = 1$ мкф, $C_2 = 2$ мкф, $C_3 = 3$ мкф соединены последовательно и присоединены к источнику напряжения $U = 110$ В. Определить заряды на каждом конденсаторе.

3. Три конденсатора $C_1 = 0,01$ мкф, $C_2 = 0,03$ мкф и $C_3 = 0,06$ мкф соединены параллельно и на них подано напряжение $U = 1000$ В. Определить заряд на каждом конденсаторе.

ЗАДАЧИ ДЛЯ ДОМАШНЕГО РЕШЕНИЯ:

1. Точечный заряд q действует на пробный заряд $q_0 = 22$ нКл, который находится от заряда q на расстоянии $r = 0,1$ м с силой $F = 90$ мкН. Определить модули заряда q и напряжённость E в этой точке.

2. Плоский конденсатор с площадью пластин $S = 50$ см² и расстоянием между пластинами $d = 2$ мм залит внутри керосином ($\epsilon = 2$). Определить величину заряда и энергию конденсатора, если напряжение между пластинами $U = 50$ В.

ЗАДАНИЕ №24

Тема: Закон Ома для участка цепи.

Контрольная работа по теме: Электростатика.

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ:

Электрическим током называется любое упорядоченное движение электрических зарядов в веществе.

$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$ - средняя сила тока в проводнике, где Δq – заряд, прошедший через поперечное сечение проводника за время Δt .

Сила тока измеряется амперами (А). 1 Ампер – сила такого тока, когда через поперечное сечение проводника за 1 с протекает заряд 1 Кл.

$I = \frac{q}{t} = n \cdot e \cdot \bar{v} \cdot S$ - сила постоянного тока, где q – заряд, прошедший через

поперечное сечение проводника за время t ; e – заряд электрона; n – концентрация свободных зарядов в проводнике; \bar{v} – средняя скорость движения свободных зарядов; S – площадь поперечного сечения проводника.

$j = \frac{I}{S}$ - плотность постоянного тока.

$R = \rho \frac{L}{S}$ - сопротивление проводника, где L - длина проводника; S - площадь поперечного сечения; ρ - удельное сопротивление.

Единица измерения сопротивления Ом (Ом). 1 Ом - сопротивление резистора, если при разности потенциалов 1 В в нём устанавливается ток 1 А.

$I = \frac{U}{R}$ - закон Ома для участка цепи.

$R = R_0(1 + \alpha t)$ - сопротивление проводника при температуре t , где R_0 - сопротивление при 0°C (273 К); α - температурный коэффициент сопротивления.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ:

1. Что называется электрическим током?
2. Что понимают под силой тока?
3. Какая единица а) силы тока; б) сопротивления?
4. По какой формуле определяется плотность тока?
5. Какая формула закона Ома для участка цепи?
6. В каких единицах выражается удельное сопротивление?
7. Какая формула зависимости удельного сопротивления от температуры?

ЗАДАЧА:

Сопротивление нити лампы при комнатной температуре 20°C равно 20 и 260 Ом при накале 2900°C . Найти температурный коэффициент сопротивления.

Дано:

$$T_1 = 20^\circ\text{C} + 273^\circ\text{C} = 293 \text{ К};$$

$$R_1 = 20 \text{ Ом}$$

$$T_2 = 2900^\circ\text{C} + 273^\circ\text{C} = 3173 \text{ К};$$

$$R_2 = 260 \text{ Ом};$$

$$T_0 = 273 \text{ К}.$$

$$\alpha = ?$$

РЕШЕНИЕ:

Температурный коэффициент сопротивления можно рассчитать из формулы $R = R_0(1 + \alpha \Delta t)$, где R_0 - сопротивление при $t = 0^\circ\text{C}$.

$$R_1 = R_0(1 + \alpha \Delta T_1); \Delta T_1 = \Delta t_1 = T_1 - T_0;$$

$$R_2 = R_0(1 + \alpha \Delta T_2); \Delta T_2 = \Delta T_2 = T_2 - T_0;$$

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{1 + \alpha \Delta T_2}{1 + \alpha \Delta T_1}; \alpha = \frac{R_2 - R_1}{R_1 \Delta T_2 - R_2 \Delta T_1}.$$

ВЫЧИСЛЕНИЯ:

$$\alpha = \frac{260 \text{ Ом} - 20 \text{ Ом}}{20 \text{ Ом} \cdot 2900 \text{ К} - 260 \text{ Ом} \cdot 20 \text{ К}} = 0,0041 \text{ К}^{-1}.$$

ЗАДАЧИ ДЛЯ АУДИТОРНОГО РЕШЕНИЯ:

1. Сила тока в проводнике $I = 10 \text{ А}$. Найти массу электронов, прошедших через поперечное сечение проводника за время $t = 1 \text{ час}$.
2. К алюминиевому проводу, сопротивление которого $R = 2,8 \cdot 10^2 \text{ Ом}$, подведено напряжение $U = 5,6 \text{ В}$. Каково поперечное сечение проводника S , если плотность тока $j = 0,2 \text{ А/мм}^2$?
3. Нихромовый проводник нагревательного прибора должен иметь сопротивление $R = 30 \text{ Ом}$ при температуре $t = 900^\circ\text{С}$. Сколько метров проволоки необходимо взять для изготовления прибора, если площадь его поперечного сечения $S = 0,3 \text{ мм}^2$?

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

1. В вертикально-направленном однородном электрическом поле находится пылинка массой $1 \cdot 10^{-9} \text{ г}$ и зарядом $3,2 \cdot 10^{-17} \text{ Кл}$. Какова напряженность поля, если сила тяжести пылинки уравновешена силой электрического поля?
2. Разность потенциалов между пластинами плоского конденсатора $U = 150 \text{ В}$. Площадь каждой пластины $S = 120 \text{ см}^2$, а заряд $q = 5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$. На каком расстоянии расположены пластины друг от друга, если они находятся в керосине?
3. Два заряда $+3 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$ и $+2 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$ находятся на расстоянии 10 см друг от друга. Где надо поместить между ними третий заряд, чтобы он находился в равновесии?
4. Два конденсатора емкостью $2 \text{ и } 3 \text{ мкФ}$ соединены последовательно и подключены к источнику тока с напряжением 500 В . Определите заряд и напряжение на обкладках каждого конденсатора.
5. Определить силу, которая действует на заряд $q = +5 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$, помещенный на середине расстояния между двумя зарядами $q_1 = 10^{-6} \text{ Кл}$ и $q_2 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$, если расстояние между ними $r = 0,2 \text{ м}$ Среда – вакуум.

6. Два конденсатора ёмкостью $C_1=0,01$ и $C_2=0,04$ мкф соединены параллельно и на них подали напряжение $u=100$ В. Определить заряд каждого конденсатора, заряд и ёмкость всего соединения.

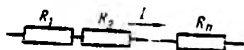
ЗАДАНИЕ №25

Тема: Соединение проводников.

Закон Ома для замкнутой цепи.

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ:

Если проводники соединены последовательно



то $I=\text{const}$; $U=U_1+U_2+\dots+U_n=\sum_{i=1}^n U_i$;

$$R=R_1+R_2+\dots+R_n=\sum_{i=1}^n R_i$$

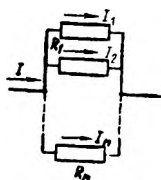
Если $R_1=R_2=\dots=R_n$, то $R=nR_1$, где n – число последовательно соединённых проводников.

Если проводники соединены параллельно, то

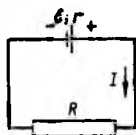
$$U=\text{const}; I=I_1+I_2+\dots+I_n=\sum_{i=1}^n I_i;$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$$

$$\text{Если } R_1=R_2=\dots=R_n, \text{ то } R = \frac{R_1}{n}$$



$A_{\text{ст}} = q\varepsilon$ – работа источника тока в замкнутой цепи, где ε – ЭДС источника тока, $A_{\text{ст}}$ – работа сторонних сил (силы не электрической природы).



Закон Ома для полной (замкнутой) цепи

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r}, \text{ где}$$

ε – электродвижущая сила источника тока (ЭДС)

R – сопротивление внешнего участка цепи

r – внутреннее сопротивление источника тока.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ:

1. Чему равно общее напряжение последовательно соединённых проводников?
2. Чему равна общая сила тока параллельно соединённых проводников?

- Во сколько раз изменится общее сопротивление 12 одинаковых проводников, если их последовательное соединение заменить параллельным?
- Три одинаковых резистора соединены различными способами. Начертите их схемы.
- Что называется сторонними силами?
- По какой формуле можно рассчитать максимальное значение тока, созданного источником (ток короткого замыкания)?

ЗАДАЧА:

Гальванический элемент с ЭДС 1,5 В и внутренним сопротивлением 1 Ом замкнут на внешнее сопротивление 4 Ом. Найти силу тока в цепи, падение напряжения во внутренней цепи и напряжение на зажимах элемента.

ДАНО:

$$\varepsilon = 1,5 \text{ В}; r = 1 \text{ Ом}; R = 4 \text{ Ом}$$

$$I = ? \quad U_1 = ? \quad U_2 = ?$$

РЕШЕНИЕ:

Силу тока найдем из закона Ома для замкнутой цепи:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}; I = \frac{1,5}{4 + 1} = 0,3 \text{ (А)}$$

Падение напряжения во внутренней части цепи равно

$$U_1 = Ir; U_1 = 0,3 \cdot 1 = 0,3 \text{ (В)}.$$

Напряжение на зажимах элемента должно быть меньше ЭДС на величину падения напряжения во внутренней части цепи, следовательно,

$$U_2 = \varepsilon - Ir; U_2 = 1,5 - 0,3 = 1,2 \text{ (В)}.$$

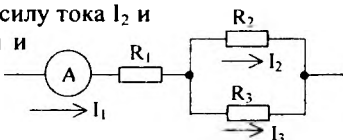
ЗАДАЧИ ДЛЯ АУДИТОРНОГО РЕШЕНИЯ:

- Электрическая цепь состоит из двух медных проводников длиной $L = 5$ м каждый, соединенных последовательно. Сечение первого проводника $S_1 = 0,01 \text{ мм}^2$, второго – $S_2 = 0,02 \text{ мм}^2$. Напряжение на концах цепи равно 1,2 В. Определить силу тока и напряжение на каждом проводнике.
- Параллельно амперметру, имеющему сопротивление 0,02 Ом, включён медный проводник длиной 0,2 м и сечением $3,4 \text{ мм}^2$. Определить силу тока в цепи, если амперметр показывает 0,3 А.
- При замыкании элемента на сопротивление 2,3 Ом сила тока в цепи 0,56 А, а при замыкании на сопротивление 1,8 Ом сила тока в цепи 0,7 А. Определить силу короткого замыкания.
- 100 электрических лампочек сопротивлением 400 Ом каждая включены параллельно в сеть с напряжением 220 В. Найти силу тока в проводящих проводах и напряжение на них, если их сопротивление 0,4 Ом.

ЗАДАЧИ ДЛЯ ДОМАШНЕГО РЕШЕНИЯ:

- Определить напряжение на резисторах и силу тока I_2 и

I_3 , если $R_1 = 4 \text{ Ом}$, $R_2 = 2 \text{ Ом}$, $R_3 = 4 \text{ Ом}$ и амперметр показывает силу тока $I_1 = 3 \text{ А}$.



2. Найти внутреннее сопротивление и ЭДС источника тока, если при сопротивлении внешней цепи 2 Ом сила тока равна 0,8 А, а при сопротивлении 3 Ом сила тока равна 0,6 А.

ЗАДАНИЕ №26

Тема: Работа и мощность тока. Закон Джоуля-Ленца.

Ток в электролитах.

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ:

$A = q(\varphi_1 - \varphi_2) = \frac{U^2}{R} t = IUt = I^2Rt$ - работа, совершаемая током, где t – время протекания тока, U – напряжение, I – сила тока, R – сопротивление проводника.

$N = \frac{U^2}{R} = IU = I^2R$ - мощность тока на участке цепи.

В системе СИ работа измеряется в джоулях (Дж), мощность в ватах (Вт).

$$1 \text{ Вт} = \frac{1 \text{ Дж}}{1 \text{ с}} = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{с}}$$

$m = Kq = \frac{Mq}{nF}$ - закон Фарадея для электролиза, где m – масса вещества, выделившегося на электродах; M – молекулярная масса; n – валентность иона; $F = 96500$ Кл/моль – постоянная Фарадея.

$K = \frac{M}{nF}$ - электрохимический эквивалент.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ:

1. По какой формуле рассчитывается работа тока?
2. По какой формуле рассчитывается мощность тока?
3. От чего зависит количество теплоты, выделенное в проводнике с током?
4. Что такое электролиты?
5. Какие частицы создают ток в электролитах?
6. Что такое электролиз?
7. Как определяется электрохимический эквивалент?
8. Как определяется химический эквивалент?
9. Какая формула закона Фарадея для электролиза?

ЗАДАЧА:

Определить коэффициент полезного действия электрического чайника, если

2 кг воды при температуре 20°C закипают за 20 мин. Сила потребляемого тока

3 А. Напряжение сети 220 В.

$m=2 \text{ кг}$
 $t_1=20^\circ\text{C}$
 $t_2=100^\circ\text{C}$
 $\tau =20 \text{ мин}=20\cdot 60 \text{ с}$
 $I=3 \text{ А}$
 $U=220 \text{ В}$

$\eta - ?$
 $c=4,19\cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$

РЕШЕНИЕ:

Коэффициент полезного действия равен отношению полезно затраченной теплоты Q_1 ко всей израсходованной Q :

$$\eta = \frac{Q_1}{Q}$$

Полезная теплота, затраченная на нагревание воды, $Q_1=cm(t_2-t_1)$. Вся израсходованная теплота $Q=IU\tau$. Поэтому

$$\eta = \frac{cm(t_2 - t_1)}{IU\tau}; \eta = \frac{4,19 \cdot 10^3 \cdot 2(100 - 20)}{3 \cdot 220 \cdot 20 \cdot 60} = 0,85; \eta = 85\%.$$

ЗАДАЧИ ДЛЯ АУДИТОРНОГО РЕШЕНИЯ:

1. В сеть напряжением $U = 220 \text{ В}$ включены параллельно три лампочки одинакового сопротивления. Мощность каждой $N = 100 \text{ Вт}$. Найти силу тока до разветвления и силу тока в каждой лампочке.
2. По проводу сопротивлением $R = 6 \text{ Ом}$ в течение времени $t = 2 \text{ минуты}$ прошло $q = 500 \text{ Кл}$ электричества. Сколько выделилось теплоты?
3. Три проводника, сопротивления которых равна соответственно 3,6 и 8 Ом, соединены параллельно. В первом проводнике выделяется 5 кДж теплоты. Определить количество теплоты выделяющееся во втором и третьем проводниках за тоже время.
4. Никелирование металлического изделия площадью $S = 120 \text{ см}^2$ продолжалось по времени $t = 5 \text{ ч}$ при силе тока $I = 0,9 \text{ А}$. Определить массу m и толщину слоя h никеля на изделии.

ЗАДАЧИ ДЛЯ ДОМАШНЕГО РЕШЕНИЯ:

1. Какой длины надо взять нихромовый проводник ($\rho = 1,1\cdot 10^{-6} \text{ Ом}\cdot\text{м}$) сечением $S = 0,4 \text{ мм}^2$, чтобы изготовить нагреватель, работающий при напряжении $U = 120 \text{ В}$ и выделяющий $Q = 10^6 \text{ Дж}$ теплоты за время $t = 1 \text{ час}$?
2. При электролизе раствора серной кислоты расходуется мощность 37 Вт. Определить сопротивление электролита, если за 50 мин выделяется 0,3 г. водорода.

ЗАДАНИЕ №27

Тема: Электрический ток в газах, в вакууме и полупроводниках.

Контрольная работа по теме: «Постоянный ток»

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ:

Газы становятся проводниками электрического тока, если они ионизированы, т.е. в них имеются свободные электроны, положительные и отрицательные ионы.

Наименьшая необходимая для ионизации атома или молекулы разность потенциалов поля, ускоряющая электрон, называется потенциалом ионизации U_i данного атома или молекула.

Энергия электрона W_i , прошедшего эту разность потенциалов, называется энергией ионизации $W_i = eU_i$, где e - заряд электрона. Энергия, необходимая для вылета электрона с поверхности металла, называется работой выхода электрона.

Несамостоятельной называется такая проводимость газа, при которой ионизация вызывается при помощи постороннего воздействия (ультрафиолетовые лучи, рентгеновские лучи и др.).

Самостоятельной называется такая проводимость, при которой заряженные частицы, разогнанные электрическим полем, при соударении с нейтральными молекулами газа ионизируют их.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ:

1. Почему в комнатных условиях заряженный электроскоп обязательно разряжается?
2. В чём состоит термоэлектронная эмиссия?
3. какие частицы создают электрический ток в вакууме.
4. Из каких элементов состоит вакуумный диод?
5. Из каких элементов состоит вакуумный триод?
6. Что называется током насыщения?
7. Из каких элементов состоит полупроводниковый диод?
8. Чем отличается самостоятельный разряд в газе от несамостоятельного?

ЗАДАЧА:

Какой наименьшей скоростью должен обладать электрон для того, чтобы ионизировать атом водорода? Потенциал ионизации водорода 13,5 В.

ДАНО:

$$U_i = 13,5 \text{ В.}$$

$$v = ?$$

РЕШЕНИЕ:

Для того чтобы ионизировать атом водорода, электрон должен обладать кинетической энергией, равной энергии ионизации:

$$W_k = W_i, \text{ или } \frac{mv^2}{2} = eU_i,$$

где e и m – заряд и масса электрона.

Тогда

$$v = \sqrt{\frac{2eU}{m}}; v = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 13,5}{9,1 \cdot 10^{-31}}} = 2,2 \cdot 10^6 \text{ (м/с)}$$

ЗАДАЧИ ДЛЯ АУДИТОРНОГО РЕШЕНИЯ:

1. Найти энергию ионизации атома гелия, если его потенциал ионизации 24,5 В.
2. Электрон, обладающий скоростью $2,2 \cdot 10^6$ м/с, ионизирует газ. Определить потенциал ионизации этого газа.
3. Работа выхода электрона из металла 3 эВ. С какой скоростью вылетает электрон из металла, если его энергия 6,25 эВ?

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ПО ТЕМЕ: «ПОСТОЯННЫЙ ТОК»

Вариант1

1. Вольфрамовый проводник имеет сопротивление 484 Ом при температуре 2100°C. Найти её сопротивление при 20°C.
2. Два проводника соединены последовательно. В первом проводнике сопротивлением 50 Ом за 1 секунду выделилось 200 Дж. теплоты. Какое количество теплоты выделится во втором проводнике за то же время.

Вариант2

1. Три проводника соединены последовательно и подключены к напряжению 120 В. Определить падение напряжения на каждом проводнике, если сопротивления 10,20 и 30 Ом.
2. Какое количество энергии надо затратить, чтобы при электролизе раствора CuSO_4 выделился 1 г. меди за 30 минут? Электролиз ведётся при напряжении 4В.

Вариант3

1. Определить напряжение на медном проводнике длиной 0,5 м и сечением 0,1 мм², если за 10 с через него прошёл заряд 200 Кл.
2. Электрическая лампа при температуре в 700°C и напряжением 220 В потребляет мощность 400Вт. Определить её сопротивление при 0°C если $\alpha = 0,0001 \text{ K}^{-1}$.

Вариант4

1. Найти ЭДС и внутреннее сопротивление элемента, если при сопротивлении внешней цепи 2 Ом ток равен 0,6 А, а при сопротивлении 9 Ом ток равен 0,2А.
2. Две лампы мощностью 40 и 60 Вт рассчитаны на напряжение 220В соединены параллельно и подключены к напряжению 220В. Определить их общее сопротивление и силу тока в цепи.

Вариант5

1. Два проводника сопротивлением 100 и 200 Ом соединены параллельно. Найти силы токов в каждом проводнике и напряжение на них, если сила тока в цепи 3А.

2. Какой длины надо взять нихромовый проводник сечением $0,3 \text{ мм}^2$, чтобы при температуре 300°C он имел сопротивление 72 Ом .

ЗАДАНИЕ №28

Тема: Магнитное поле. Сила Ампера. Сила Лоренца.

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ:

Движущиеся заряды в окружающем пространстве создают магнитное поле, которое обнаруживается по действию на помещенный в это поле проводник с током или на рамку с током.

$$B = \frac{M_{\text{вк}}}{P_{\text{в}}} - \text{индукция магнитного поля, где } M_{\text{МАХ}} - \text{максимальный}$$

вращающий момент, действующий в данной точке поля на рамку с током;

В системе СИ единицей магнитной индукции является тесла (Тл)

$$1 \text{ Тл} = 1 \frac{\text{Н}}{\text{Ам}}$$

$P_M = I \cdot S$ – собственный магнитный момент рамки с током; I – сила тока; S – площадь, ограниченная контуром с током.

$$B = \frac{\mu \mu_0 I}{2\pi r} - \text{индукция магнитного поля прямого бесконечно длинного}$$

проводника с током, где r – расстояние от проводника до

точки поля; $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$ – магнитная постоянная; $\mu = \frac{B}{B_0}$ –

магнитная проницаемость среды; B_0 – магнитная индукция поля в вакууме; B – магнитная индукция поля в среде.

$$B = \mu \mu_0 n I - \text{индукция магнитного поля на оси соленоиде, где } n = \frac{N}{L} -$$

число витков на единицу длины; N – общее число витков; L – длина намотанной части соленоиде.

$F_A = B I L \sin \alpha$ – модуль силы Ампера, где B – индукция магнитного поля; I – сила тока; L – длина проводника; α – угол между направлением тока и вектором магнитной индукции.

$F_L = q \vartheta B \sin \alpha$ – модуль силы Лоренца, где q – заряд движущейся частицы; ϑ – скорость частицы; α – угол между вектором скорости и вектором магнитной индукции.

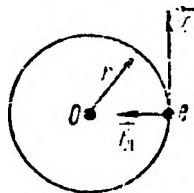
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ:

1. Что является источником магнитного поля?
2. Какое действие оказывает магнитное поле на маленькую рамку с током, помещённую в это поле?
3. Что является силовой характеристикой магнитного поля?
4. Какой формулой определяется магнитная индукция?
5. Как называется единица магнитной индукции?

- По какой формуле можно рассчитать индукцию магнитного поля прямого тока?
- По какой формуле можно рассчитать силу, действующую на проводник с током в магнитном поле?
- По какой формуле можно рассчитать силу, действующую на заряд, движущийся в магнитном поле?

ЗАДАЧА:

Электрон влетает в однородное магнитное поле в вакууме со скоростью $v=10^7$ м/с, направленной перпендикулярно линиям индукции. Определить траекторию движения электрона в магнитном поле, если индукция магнитного поля равна $B=5 \cdot 10^{-3}$ Тл.



РЕШЕНИЕ:

На электрон, движущийся в магнитном поле, действует сила Лоренца, зависящая от скорости электрона и индукции магнитного поля. Сила Лоренца перпендикулярна скорости электрона, поэтому она не совершает работу. Значит, кинетическая энергия электрона не изменяется. Следовательно, не изменяется и модуль его скорости, а поскольку и индукция магнитного поля постоянна, то модуль силы Лоренца постоянен. Под действием этой силы электрон приобретает постоянное центростремительное ускорение, а это означает, что электрон в магнитном поле движется по окружности. По второму закону Ньютона

$$F_s = ma \text{ или } e v B = \frac{m v^2}{r},$$

где r – радиус окружности, $e=1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл – заряд электрона, $m=9,1 \cdot 10^{-31}$ кг – масса электрона.

Отсюда

$$r = \frac{m v}{e B}.$$

Подставим числовые значения в эту формулу и найдем

$$r = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 10^7}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 5 \cdot 10^{-3}} \text{ м} = 1,1 \cdot 10^{-2} \text{ м}.$$

ЗАДАЧИ ДЛЯ АУДИТОРНОГО РЕШЕНИЯ:

- Определить индукцию магнитного поля, если на прямоугольную рамку с током, состоящую из $N=100$ витков, действует максимальный вращающий момент $M_{\text{MAX}}=3$ мН·м. Размеры рамки $S=20 \times 30$ мм², а сила тока в ней $I=5$ А.

2. Проводник длиной $L=0,4$ м с силой тока $I=2$ А движется под действием магнитного поля с индукцией $B=1,2$ Тл перпендикулярно линиям магнитной индукции. Определить работу при его перемещении $S=0,25$ м.
3. В горизонтальном однородном магнитном поле с индукцией $B=0,01$ Тл перпендикулярно полю расположен горизонтальный проводник длиной $L=1$ м и массой $m=0,01$ кг. Какой силы ток должен проходить по проводнику, чтобы он находился в состоянии равновесия?
4. Пройдя ускоренную разность потенциалов $U=330$ В, электрон влетает в однородное магнитное поле с индукцией $B=0,3$ Тл перпендикулярно к линиям магнитной индукции. Определить радиус окружности, которую опишет электрон ($e=1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, $m_e=9,1 \cdot 10^{-31}$ кг).

ЗАДАЧИ ДЛЯ ДОМАШНЕГО РЕШЕНИЯ:

1. Электрон движется по окружности радиусом $R=10$ см в однородном магнитном поле с индукцией $B=0,02$ Тл. Определить кинетическую энергию частицы.
2. Прямолинейный проводник с силой тока $I=4,5$ А помещён в однородном магнитном поле с индукцией $B=0,1$ Тл перпендикулярно линиям магнитной индукции. Определить длину проводника, если при его перемещении на $S=20$ см совершена работа $A=9$ мДж.

ЗАДАНИЕ №29

Тема: Электромагнитная индукция.

Явление самоиндукции.

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ:

Связь магнитного потока Φ с индукцией поля следующая: $\Phi = BS \cos \alpha$, где S – площадь контура; α – угол между направлением нормали к плоскости контура и вектором магнитной индукции.

Единица магнитного потока в системе СИ – вебер (Вб) $1 \text{ Вб} = \frac{1 \text{ Тл}}{1 \text{ м}^2}$;

Электромагнитной индукцией называется явление возникновения тока в замкнутом контуре или разности потенциалов на концах разомкнутого контура при изменении магнитного потока, пронизывающего этот контур.

Э.Д.С. индукции, возникающая в замкнутом контуре, пропорциональна скорости изменения магнитного потока.

$\varepsilon_{\text{и}} = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ - закон электромагнитной индукции, где ε – ЭДС индукции;

$\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ - скорость изменения магнитного потока, пронизывающего контур. Знак минус следует из закона Ленца.

Закон Ленца: индукционный ток всегда имеет такое направление, при котором создаваемое им магнитное поле противодействует изменению магнитного потока, вызывающего этот ток. Э.Д.С. индукции, возникающая в катушке, содержащей N витков:

$$\varepsilon_{\text{и}} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

$\varepsilon_{\text{и}} = \mathcal{B} \ell B \sin \alpha$ - ЭДС индукции в движущемся проводнике, где \mathcal{B} - скорость движения проводника; α - угол между вектором скорости проводника и вектором магнитной индукции; ℓ - длина проводника.

Самоиндукцией называется явление возникновения Э.Д.С. индукции в проводнике при изменении в нём тока.

$\varepsilon_{\text{с}} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$ - ЭДС самоиндукции, где $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ - скорость изменения силы тока в контуре; L - индуктивность контура, зависящая от его формы, размеров и свойств заполняющей его среды.

В системе СИ индуктивность L измеряется в генри (Гн)

$$1 \text{ Гн} = \frac{1 \text{ В} \cdot 1 \text{ с}}{1 \text{ А}}$$

$W = \frac{L I^2}{2}$ - энергия магнитного поля проводника с током.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ:

1. Какая формула выражает поток магнитной индукции?
2. Как называется единица магнитного потока?
3. По какой формуле можно рассчитать ЭДС индукции, возникающую в проводнике, движущемся в магнитном поле?
4. Какая формула выражает основной закон электромагнитной индукции?
5. По какой формуле определяется ЭДС самоиндукции?
6. Как называется единица индуктивности?
7. От чего зависит индуктивность контура?
8. По какой формуле можно рассчитать энергию магнитного поля, созданного током, текущим по контуру?

ЗАДАЧА:

Замкнутая накоротко катушка диаметром 10 см, имеющая 200 витков, находится в магнитном поле, индукция которого увеличивается от 2 до 6 Тл в течение 0,1 с. Определить среднее значение

э. д. с. индукции в катушке, если плоскость витков перпендикулярна к силовым линиям поля.

$$\begin{array}{l|l} d = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}; & \varepsilon_{\text{и}} = ? \\ N = 200; & \\ B_1 = 2 \text{ Тл}; & \\ B_2 = 6 \text{ Тл}; & \\ \Delta t = 0,1 \text{ с}. & \end{array}$$

РЕШЕНИЕ: Э. д. с. индукции определим из соотношения $\varepsilon_{\text{и}} = N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$, где $\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ — скорость изменения магнитного потока. По условию задачи плоскость витков перпендикулярна к силовым линиям поля, поэтому полный поток Φ , пронизывающий контур, определим по формуле $\Phi = BS$, где B — индукция поля; S — площадь витка. При изменении B изменяется и полный поток, т. е.

$$\Delta \Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = S(B_2 - B_1)$$

Подставив значение $\Delta \Phi$ в выражение для э. д. с. индукции с учетом, что $S = \pi d^2 / 4$, получим:

$$\varepsilon_{\text{и}} = \frac{N \pi d^2}{4 \Delta t} (B_2 - B_1)$$

$$\varepsilon_{\text{и}} = \frac{200 \cdot 3,14 (0,1)^2}{4 \cdot 0,1} (6 - 2) = 62,8 \text{ В}.$$

ЗАДАЧИ ДЛЯ АУДИТОРНОГО РЕШЕНИЯ:

1. С какой скоростью следует перемещать проводник длиной $L = 0,5 \text{ м}$ в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,5 \text{ Тл}$ под углом $\alpha = 30^\circ$ к вектору магнитной индукции, чтобы в нём возникла ЭДС индукции равная 1 В ?

2. Найти ЭДС самоиндукции в неподвижном контуре, если за $t = 0,2 \text{ секунды}$ энергия магнитного поля равномерно уменьшилась в $n = 4$ раза. Индуктивность катушки $L = 0,16 \text{ Гн}$, первоначальная сила тока $I = 8 \text{ А}$.

3. Рамку, состоящую из 10 витков проволоки, удаляют из однородного поля, индукция которого $1,5 \text{ Тл}$ за $0,01 \text{ с}$. Найти среднее значение Э.Д.С. индукции в этой рамке, площадь которой 20 см^2 , если плоскость витков перпендикулярна к силовым линиям поля.

4. Определить энергию магнитного поля катушки, если её индуктивность $0,2 \text{ Гн}$, а сила тока 12 А .

ЗАДАЧИ ДЛЯ ДОМАШНЕГО РЕШЕНИЯ:

1. Магнитный поток внутри катушки с числом витков 400 за $0,2 \text{ с}$ изменился от $0,1$ до $0,9 \text{ Вб}$. Определить ЭДС на зажимах катушки.

2. Определить индуктивность катушки, если при изменении в ней тока от 5 до 10 А за $0,1 \text{ с}$ в катушке возникает ЭДС самоиндукции равная 10 В .

ЗАДАНИЕ №30

Тема: Механические колебания.

Математический и пружинный маятники.

Контрольная работа по теме: «Магнитное поле».

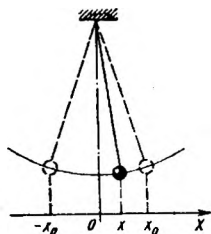
ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ:

Движение, при котором тело перемещается около своего положения равновесия, отклоняясь от него то в одну, то в другую сторону, называется колебательным (колебанием).

Колебания, которые совершаются под действием внутренних сил, называются свободными (или собственными) колебаниями.

Свободные колебания математического маятника.

Математическим маятником называется материальная точка, подвешенная на длинной нерастяжимой нити.



Координату x в данный момент времени называют смещением. Максимальное смещение $x_{\max} = x_0 = A$ называют амплитудой колебания.

Периодом называется время, за которое совершается одно полное колебание.

$T = \frac{t}{N}$ - период колебаний, где N - число полных колебаний за время t .

$\nu = \frac{1}{T}$ - частота колебаний. Частотой называется число колебаний совершенных за 1 с. Частота измеряется в герцах (Гц).

$\omega = \frac{2\pi}{T}$ - циклическая частота.

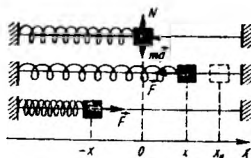


Рис. 2

$T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}}$ - период колебаний математического маятника, где ℓ - длина маятника; g - ускорение свободного падения.

$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ - период колебаний пружинного маятника, где k – коэффициент упругости (жёсткость), m – масса маятника.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ:

1. Что называется математическим маятником?
2. Что называется пружинным маятником?
3. Какое движение называется колебательным?
4. Что называется периодом колебания?
5. Что называется частотой колебания?
6. Какая связь между частотой и периодом колебаний?
7. Какая частота называется циклической?
8. В каких точках скорость колеблющегося тела максимальна?
9. Будут ли отличаться периоды тел разной массы, подвешенных на пружинах одинаковой жесткости?

ЗАДАЧА:

Математический маятник длиной 2,45 м совершил 100 колебаний за 314 с. Определить период колебания маятника и ускорение свободного падения для данной местности.

$$\left. \begin{array}{l} \ell = 2,45 \text{ м;} \\ n = 100; \\ t = 314 \text{ с.} \end{array} \right\} T = ? \quad g = ?$$

РЕШЕНИЕ:

Период колебания

$$T = \frac{t}{n}; T = \frac{314}{100} = 3,14 \text{ (с)}.$$

Ускорение свободного падения определится из формулы

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$$

$$g = \frac{4\pi^2\ell}{T^2}; g = \frac{4 \cdot 3,14^2 \cdot 2,45}{3,14^2} = 9,8 \text{ (м/с}^2\text{)}$$

ЗАДАЧИ ДЛЯ АУДИТОРНОГО РЕШЕНИЯ:

1. Материальная точка совершила за время $t = 1$ мин $N = 300$ колебаний. Определить период, частоту и циклическую частоту колебаний.
2. Один математический маятник совершает $N_1 = 10$ колебаний, а второй за тоже время $N_2 = 30$ колебаний. Как относятся длины маятников?
3. Найти массу груза, подвешенного на пружине жёсткостью $k = 250$ Н/м. Груз совершает $N = 20$ колебаний за время $t = 16$ секунд.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ПО ТЕМЕ: «МАГНИТНОЕ ПОЛЕ»

Вариант 1

1. Индукция магнитного поля прямолинейного проводника с током на расстоянии 10 см от него 0,2 мТл. Определить силу тока в проводе.
2. Электрон влетел со скоростью 10^6 м/с в однородное магнитное поле перпендикулярно к линиям магнитной индукции, модуль которой равен 10 мТл. Описать траекторию частицы.
3. Определить индуктивность катушки, если при уменьшении силы тока, проходящего через нее, от 10 до 5 А за 0,1 с возникла ЭДС 20 В.

Вариант 2

1. Электрон движется по окружности в однородном магнитном поле с индукцией 0,6 мТл. Определить время одного оборота.
2. Прямолинейный проводник длиной 0,5 м движется в однородном магнитном поле со скоростью 6 м/с под углом 30° к линиям магнитной индукции. Найти величину индукции, если возникла ЭДС, равная 3 В.
3. Определить ЭДС самоиндукции, возникшую в катушке с индуктивностью 90 мГн, если при размыкании цепи сила тока, равная 10 А, исчезает за 0,01 с.

ЗАДАНИЕ №31

Тема: Гармонические колебания. Механические волны.

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ:

Простейшим видом колебательного движения является гармоническое колебание. Оно совершается под действием упругой силы

$$(F_{\text{упр}} = -kx).$$

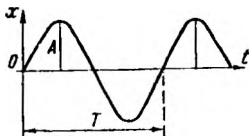
Формула смещения (x) гармонического колебания

$$x = A \sin(\omega t + \varphi_0).$$

A – амплитуда; $(\omega t + \varphi_0)$ – фаза колебания; φ_0 – начальная фаза; циклическая частота ω .

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu.$$

График гармонического колебания



Фаза колебания характеризует положение колеблющейся точки с течением времени и измеряется углом, стоящим под знаком синуса.

Резонансом называется явление резкого увеличения амплитуды колебания. Резонанс возникает в том случае, когда частота внешней вынуждающей силы равна частоте собственных колебаний тела.

Колебания распространяются в упругой среде в виде волн. Бывают поперечные и продольные механические волны. Поперечными называются волны, возникающие, когда частицы упругой среды колеблются перпендикулярно к направлению распространения волны.

Продольными называются волны, возникающие, когда частицы упругой среды колеблются вдоль направления распространения волны.

Скорость распространения волны определяется по формуле:

$$v = \lambda \cdot \nu \text{ или } v = \frac{\lambda}{T}, \text{ где } \lambda - \text{длина волны.}$$

Длиной волны называется расстояние, пройденное длиной волны за период, т.е. $\lambda = vT$.

Звук – это распространение механических колебаний частотой от 20 до 20000 Гц в упругой среде. Механические колебания частотой более 20000 Гц называются ультразвуком, а менее 20 Гц инфразвуком.

Разность фаз двух точек волны, отстающих друг от друга на расстоянии L , определяется по формуле:

$$\Delta \varphi = \frac{2\pi \cdot L}{\lambda}; \Delta \varphi - \text{измеряется в радианах (рад).}$$

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ:

1. Какая связь между частотой и периодом колебаний? Как связана циклическая частота с периодом гармонических колебаний?
2. Чем отличаются графики гармонических колебаний, у которых разные амплитуды? разные частоты?
3. Укажите основные параметры волны и связь между ними.
4. Почему звук от летящего реактивного самолета слышен далеко позади самолета?

ЗАДАЧА:

Определить отклонение колеблющейся точки от положения равновесия за время 0,25 T; 0,5 T; 0,6 T.

$$\begin{array}{l|l} t_1 = 0,25 T; & x_1 = ? \quad x_2 = ? \quad x_3 = ? \\ t_2 = 0,5 T; & \\ t_3 = 0,6 T. & \end{array}$$

РЕШЕНИЕ:

Смещение при колебательном движении определяется по формуле

$$x = A \sin \frac{2\pi}{T} t.$$

При $t_1 = 0,25 T$ смещение

$$x_1 = A \sin\left(\frac{2\pi}{T} 0,25 T\right) = A \sin \frac{\pi}{2} = A,$$

при $t_2 = 0,5 T$

$$x_2 = A \sin\left(\frac{2\pi}{T} 0,5 T\right) = A \sin \pi = 0,$$

при $t_1 = 0,6 T$

$$x_1 = A \sin\left(\frac{2\pi}{T} 0,6 T\right) = A \sin 1,2 \pi = -0,59 A.$$

ЗАДАЧИ ДЛЯ АУДИТОРНОГО РЕШЕНИЯ:

1. Уравнение колебаний материальной точки имеет вид

$x = 0,05 \sin\left(\pi t + \frac{\pi}{4}\right)$ (м). Определить амплитуду, частоту, период и начальную фазу колебаний.

2. Амплитуда колебаний материальной точки 10 см, период колебаний 4 с. Написать уравнение колебаний.

3. В какой ближайший момент времени, считая от начала движения, смещение при гармоническом колебании будет равно половине амплитуды, если период колебаний 24 с, а начальная фаза равна нулю?

4. Волна распространяется вдоль резинового шнура со скоростью 3 м/с при частоте 2 Гц. Чему равна разность фаз двух точек шнура, находящихся на расстоянии 37,5 см?

ЗАДАЧИ ДЛЯ ДОМАШНЕГО РЕШЕНИЯ:

1. Материальная точка совершает колебания по закону $x = \cos \pi(t + 0,5)$ м. определить амплитуду, период и начальную фазу колебаний.

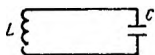
2. Волна распространяется со скоростью 4 м/с. Расстояние между двумя точками с разностью фаз $\frac{\pi}{4}$ равно 0,05 м. Определить частоту и период колебаний.

ЗАДАНИЕ №32

Тема: Электромагнитные колебания. Колебательный контур. Переменный ток.

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ:

Колебательным контуром называется электрическая цепь, состоящая из конденсатора С и катушки индуктивности L.



$T = 2\pi\sqrt{LC}$ - период собственных колебаний в контуре, где L – индуктивность контура; C – его ёмкость.

$W = \frac{q^2}{2C} = \frac{LI_0^2}{2}$ - полная энергия колебательного контура, где q_0 – заряда на конденсаторе; I_0 – амплитудное значение силы тока в контуре.

$I = I_0 \sin \omega t$ - мгновенное значение силы переменного тока, где ν – частота переменного тока.

$E = E_0 \sin \omega t$ - мгновенное значение ЭДС, где ω – круговая частота $\omega = 2\pi\nu$.

$I_x = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$ - действующее значение силы тока, где I_0 – её амплитудное значение.

$U_x = \frac{U_0}{\sqrt{2}}$ - действующее значение напряжения, где U_0 – его амплитудное значение.

R – активное сопротивление.

$R_L = \omega L$ - индуктивное сопротивление, где ω – циклическая частота.

$R_C = \frac{1}{\omega C}$ - ёмкостное сопротивление, где C - электроёмкость конденсатора.

$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$ - общее сопротивление в цепи переменного тока.

$I_0 = \frac{U_0}{Z}$ - закон Ома для цепи переменного тока.

$I_0 = \frac{U_0}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$, где I_0 и U_0 – амплитудные значения.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ:

1. Что такое колебательный контур?
2. Какие физические величины изменяются при колебаниях в колебательном контуре?
3. Как выражается зависимость ЭДС от времени, возникающая при вращении контура в магнитном поле?
4. Как связано действующее значение тока с амплитудным?
5. Как зависит индуктивное сопротивление от частоты?
6. Как зависит ёмкостное сопротивление от частоты?
7. Укажите формулу закона Ома для цепи переменного тока?
8. Какое значение силы тока и напряжения измеряют с помощью амперметра и вольтметра в цепи переменного тока?

ЗАДАЧА:

На какую частоту настроен радиоприёмник, если его приемной контур обладает самоиндукцией 1,5 мГн и емкостью 450 пФ?

$$L=1,5 \text{ мГн}=1,5 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}; \quad \nu = ?$$

$$C=450 \text{ пФ}=450 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}.$$

РЕШЕНИЕ:

Частоту колебаний определим по формуле

$$\nu = \frac{1}{T}$$

где $T = 2\pi\sqrt{LC}$ - период колебаний колебательного контура. Подставив это значение T в формулу частоты, получим:

$$\nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}};$$

$$\nu = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \sqrt{1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 450 \cdot 10^{-12}}} = 1,94 \cdot 10^5 \text{ (Гц)}.$$

ЗАДАЧИ ДЛЯ АУДИТОРНОГО ЧТЕНИЯ:

1. Индуктивность колебательного контура $L=500$ мкГн. Какую ёмкость следует выбрать, чтобы настроить его на частоту $\nu=1$ МГц?

2. Сила тока в колебательном контуре изменяется по закону $I = 0,2 \sin 10^4 \pi t$ (А). Чему равны амплитудное и действующее значения силы тока в контуре? Чему равна энергия контура, если ёмкость его конденсатора составляет 50 пФ?

3. В цепь переменного тока включены активное сопротивление 1 кОм, катушка индуктивности 0,5 Гн и конденсатор ёмкостью 1 мкФ. Определить общее сопротивление.

4. Конденсатор и катушка индуктивности включены последовательно в цепь переменного тока с частотой $\nu = 50$ Гц и напряжением $U=220$ В. Значение силы тока в цепи $I=2,5$ А. Найти индуктивность катушки, если ёмкость конденсатора $C=100$ мкФ?

ЗАДАЧИ ДЛЯ ДОМАШНЕГО РЕШЕНИЯ:

1. ЭДС индукции, возникающая в рамке при её вращении в однородном магнитном поле, изменяется по закону $\varepsilon = 12 \sin 100 \pi t$ В. Определить максимальное значение ЭДС, её действующее значение, период и частоту тока, мгновенное значение ЭДС при $t=0,01$ с.

2. В контур катушка с индуктивностью $L=10$ мкГн и конденсатор ёмкостью $C=500$ пФ. На какую частоту настроен контур?

3. Проводник имеет активное сопротивление 15 Ом и индуктивность 63 мГн. Найти полное сопротивление проводника в сети переменного тока с частотой 50 Гц.

ЗАДАНИЕ № 33

Тема: Электромагнитные волны.

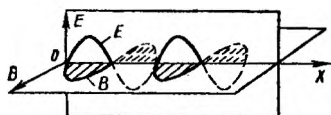
Контрольная работа: Механические и электромагнитные колебания и волны. Переменный ток.

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ:

Переменное электрическое поле порождает в соседних областях пространства переменное магнитное поле, которое в свою очередь возбуждает переменное электрическое поле.

Распространение электромагнитного поля в пространстве называется электромагнитной волной.

Электромагнитная волна характеризуется двумя силовыми характеристиками: вектором напряженности \vec{E} поля и вектором индукции \vec{B} , причем $\vec{E} \perp \vec{B}$.



В среде электромагнитные волны перемещаются с определенной скоростью u

$$u = \frac{c}{n}, \text{ где } c - \text{ скорость электромагнитной волны в вакууме; } n -$$

показатель преломления среды; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$.

Длина волны λ определяется по формуле:

$$\lambda = \frac{c}{\nu}, \text{ где } \nu - \text{ частота колебаний излучающего контура.}$$

Электромагнитные волны взаимодействуют с веществом (рассеиваются, поглощаются, отражаются и преломляются на границе диэлектрика).

Электромагнитные волны интерферируют и дифрагируют, а так же несут определенную энергию.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ:

1. Что такое электромагнитная волна?
2. Опишите свойства электромагнитной волны.
3. Как на графике отображается плоская электромагнитная волна?

ЗАДАЧА:

Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью $0,2 \text{ мГн}$ и переменного конденсатора, емкость которого может меняться от 50 до 450 пФ . На какие длины волн рассчитан контур?

$$\left. \begin{aligned} L &= 0,2 \text{ мГн} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ Гн}; \\ C_{\min} &= 50 \text{ пФ} = 50 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}; \\ C_{\max} &= 450 \text{ пФ} = 450 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}. \end{aligned} \right\} \begin{aligned} \lambda_{\min} &- ? \\ c &= 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}. \end{aligned}$$

РЕШЕНИЕ:

Длина волны $\lambda = cT$. Период колебаний колебательного контура определяется по формуле $T = 2\pi \sqrt{LC}$. При изменении емкости от значения C_{\min} до C_{\max} период колебаний будет меняться соответственно от $T_{\min} = 2\pi \sqrt{LC_{\min}}$ до $T_{\max} = 2\pi \sqrt{LC_{\max}}$. Поэтому

$$\lambda_{\min} = c \cdot 2\pi \sqrt{LC_{\min}};$$

$$\lambda_{\min} = 3 \cdot 10^8 \cdot 2 \cdot 3,14 \sqrt{0,2 \cdot 10^{-3} \cdot 50 \cdot 10^{-12}} = 188 \text{ (м);}$$

$$\lambda_{\max} = c \cdot 2\pi \sqrt{LC_{\max}};$$

$$\lambda_{\max} = 3 \cdot 10^8 \cdot 2 \cdot 3,14 \sqrt{0,2 \cdot 10^{-3} \cdot 450 \cdot 10^{-12}} = 565 \text{ (м),}$$

т.е. колебательный контур рассчитан на длины волн от 188 до 565 м.

ЗАДАЧИ ДЛЯ АУДИТОРНОГО РЕШЕНИЯ:

1. Какова должна быть ёмкость конденсатора, чтобы с катушкой, индуктивность которой $L=25$ мкГн, он был настроен в резонанс на длину волны $\lambda=100$ м.

2. Найти период колебаний в контуре, состоящем из катушки с индуктивностью 3 мГн и плоского конденсатора, площадь пластин которого 5 см^2 , расположенных на расстоянии 0,3 мм ($\epsilon = 4$).

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

Вариант 1

1. Мгновенное значение ЭДС изменятся по закону $\epsilon = 100 \sin 800\pi t$ (В). Найти амплитуду, частоту, период и фазу переменной ЭДС.

2. Определить разность фаз колебаний двух точек, находящихся от источника колебаний на расстоянии $r_1=12$ и $r_2=14$ м, если период колебаний $T=0,4$ с, а скорость распространения колебаний $\vartheta=10$ м/с.

3. К участку цепи, состоящему из последовательно соединённых активного сопротивления $R=20$ Ом, катушки индуктивности $L=0,05$ Гн и конденсатора $C=0,002$ Ф, подключено переменное напряжение частотой $\nu=50$ Гц и амплитудой $U_0=310$ В. Определить действующее значение силы тока в цепи.

Вариант 2

1. Маятник длиной $L=0,25$ м совершает $N=120$ колебаний в течение $t=120$ с. Чему равно ускорение свободного падения (g)?

2. Приёмный контур состоит из катушки индуктивностью $L=2$ мкГн и конденсатора ёмкостью $C=1800$ пФ. На какую длину волны настроен этот контур?

3. В сеть переменного тока с напряжением 120 В последовательно включены проводник с активным сопротивлением 15 Ом и емкостью 0,04 мк Ф. Определить силу тока в нем, если частота тока 50 Гц.

ЗАДАНИЕ №34

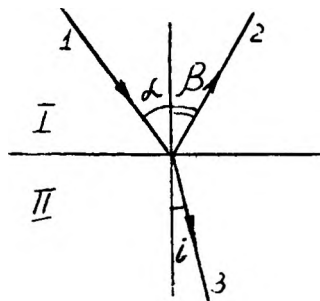
Тема: Законы геометрической оптики.

Закон отражения и преломления света.

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ:

Светом называется электромагнитное излучение с длиной волны от 400 до 760 нм. Источниками такого излучения являются атомы и молекулы вещества, находящегося в возбужденном состоянии. Распространение света от источника представляет собой волновой процесс.

Линии, проведенные перпендикулярно к волновому фронту и указывающие направление распространения световых волн, называются световыми лучами.



На рисунке показан ход лучей на границе раздела двух сред I и II, где

1 – луч падающий, 2 – луч отраженный, 3 – луч преломленный; α – угол падения, β – угол отражения; i – угол преломления.

Законы отражения света:

1. Отраженный луч лежит в той же плоскости, в которой лежит падающий луч и перпендикуляр к отражающей поверхности, восстановленный в точке падения луча.

2. Угол падения равен углу отражения: $\alpha = \beta$

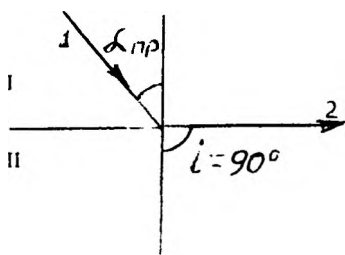
Законы преломления света:

1. Преломленный луч лежит в той же плоскости, в которой лежит падающий луч и перпендикуляр, восстановленный в точке падения луча к границе раздела двух сред.

2. Отношение синуса угла падения к синусу угла преломления для данных двух сред есть величина постоянная и называется показателем преломления второй среды относительно первой:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin i} = n_{2,1} = \frac{n_2}{n_1} \text{ - закон преломления, где } n_{2,1} \text{ - относительный показатель}$$

преломления (второй среды относительно первой); n_2 , n_1 - абсолютные показатели преломления второй и первой сред.



$$n = \frac{c}{g} \text{ - абсолютный показатель}$$

преломления среды, где

$c = 3 \cdot 10^8$ м/с – скорость света в вакууме; g - скорость света в данной среде.

$$\sin \alpha_{np} = \frac{1}{n} \text{ - определение предельного}$$

угла полного внутреннего отражения для лучей, когда вторая среда – воздух $n_2=1$.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ:

1. Что такое угол падения?
2. Что такое угол отражения?
3. В чём заключается явление преломления света?
4. Будет ли преломляться луч, падающий перпендикулярно к поверхности раздела двух сред?
5. Укажите формулу для определения абсолютного показателя преломления.
6. Какой угол называется предельным углом полного отражения?
7. Укажите формулу для определения предельного угла полного отражения.
8. Может ли произойти полное отражение света при переходе светового луча из воды в воздух?

ЗАДАЧА:

Водолаз, находясь под водой, видит Солнце на высоте 60° над горизонтом. Определить действительную высоту Солнца над горизонтом.

$$\varphi_1 = 60^\circ \quad \left| \quad \begin{array}{l} \varphi_2 = ? \\ n = 1,33 \end{array} \right.$$

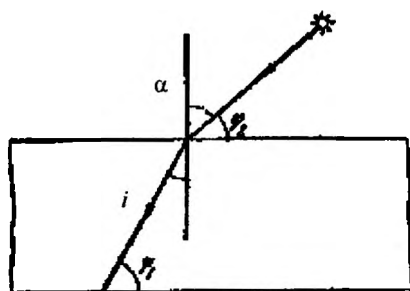


Рис. 1

РЕШЕНИЕ:

Воспользуемся законом преломления света $\frac{\sin \alpha}{\sin i} = n$, откуда

$\sin \alpha = n \sin i$. Из рис. 1 видно, что $i = 90^\circ - \varphi_1 = 90^\circ - 60^\circ = 30^\circ$. Следовательно, $\sin \alpha = 1,33 \cdot 0,50 = 0,67$; $\alpha = 42^\circ$. Действительная высота Солнца над горизонтом

$$\varphi_2 = 90^\circ - \alpha = 48^\circ.$$

ЗАДАЧИ ДЛЯ АУДИТОРНОГО РЕШЕНИЯ:

1. Как расположить плоское зеркало, чтобы вертикальный луч отражался горизонтально?
2. При переходе световых лучей из вакуума в стекло угол падения равен $\alpha=50^\circ$. Найти угол преломления и скорость распространения света в стекле ($n_{\text{стекла}}=1,6$). Чему равен угол отражения?
3. На стеклянную пластинку ($n=1,5$) падает луч света. Каков угол падения луча, если угол между отражённым и преломлённым лучами равен 90° ?
4. Для алмаза предельный угол полного отражения $\alpha_{\text{пр}}=24,5^\circ$. Найти показатель преломления алмаза.

ЗАДАЧИ ДЛЯ ДОМАШНЕГО РЕШЕНИЯ:

1. При переходе света из воздуха в воду угол отражения $\beta=60^\circ$, а угол преломления $\gamma=40^\circ$. определить скорость света в воде.
2. Предельный угол полного внутреннего отражения плексигласа $\alpha_{\text{пр}}=42^\circ$. Определить скорость света в плексиглазе.

ЗАДАНИЕ №35

Тема: Линзы.

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ:

Линзой называется прозрачное для света тело, ограниченное с двух сторон сферическими или сферической и плоской поверхностями.

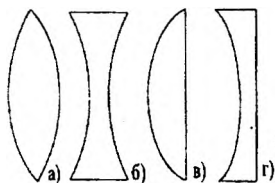


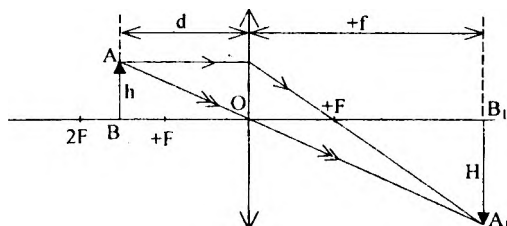
Рис. (а, б, в, г).

Прямая, проходящая через центры сферических поверхностей, ограничивающих линзу называется главной оптической осью.

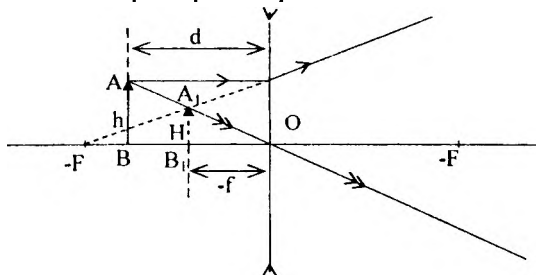
Главная оптическая ось пересекает линзу в точке, называемой оптическим центром линзы.

Всякая прямая проходящая через оптический центр линзы, есть побочная оптическая ось.

Лежащая на главной оптической оси точка, в которой собираются преломленные линзой лучи (или их продолжение), если они падали на линзу продольно главной оптической оси, называется главным фокусом. Главный фокус собирающей линзы действительный, рассеивающей – мнимый.



Ход лучей в собирающей линзе, где AB – предмет; A_1B_1 – действительное, увеличенное изображение предмета; O – оптический центр линзы; F – фокусное расстояние линзы; d – расстояние от предмета до линзы; f – расстояние от изображения до линзы; h – линейные размеры предмета; H – линейные размеры изображения.



Ход лучей в рассеивающей линзе, где A_1B_1 – мнимое, уменьшенное изображение предмета.

$D = \frac{1}{F}$ – оптическая сила линзы, где F – фокусное расстояние линзы.

D – измеряется диоптриями. $1_{\text{дптр}} = \frac{1}{1\text{ м}}$.

$D = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$ – оптическая сила тонкой линзы, где n –

относительный показатель преломления линзы и окружающей среды; R_1 и R_2 – радиусы кривизны сферических поверхностей линзы ($R > 0$ для выпуклой поверхности; $R < 0$ для вогнутой поверхности и $R = \infty$ для плоской поверхности).

$\pm \frac{1}{F} = \frac{1}{d} \pm \frac{1}{f}$ – формула тонкой линзы.

$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}$ – увеличение линзы.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ:

1. Какие из указанных на рисунке а, б, в, г стеклянных линз являются собирающими в воздухе?

2. Что называется главной оптической осью линзы?
3. Через какую точку линзы лучи проходят не преломляясь?
4. Что понимают под оптической силой линзы?
5. По какой формуле определяется оптическая сила линзы?
6. По каким формулам определяется линейное увеличение линзы?

ЗАДАЧА:

Из стекла с показателем преломления 1,6 необходимо изготовить двояковыпуклую линзу с фокусным расстоянием 20 см. Каковы должны быть радиусы кривизны поверхностей линзы, если один из них в полтора раза больше другого?

$$\begin{array}{l|l} n_{2,1} = 1,6 & \\ F = 20 \text{ см} & R_1 - ? \quad R_2 - ? \\ R_1 = 1,5 R_2 & \end{array}$$

РЕШЕНИЕ:

Оптическая сила линзы связана с показателем преломления материала и радиусами кривизны поверхностей линзы следующей зависимостью:

$$\frac{1}{F} = (n_{2,1} - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

Так как $R_1 = 1,5 R_2$, то формула принимает вид

$$\frac{1}{F} = (n_{2,1} - 1) \frac{5}{3 R_1}$$

Отсюда

$$R_2 = \frac{(n_{2,1} - 1) 5 F}{3};$$

$$R_2 = \frac{(1,6 - 1) 5 \cdot 20}{3} = \frac{60}{3} = 20 (\text{см});$$

$$R_1 = 1,5 R_2 = 30 (\text{см}).$$

ЗАДАЧИ ДЛЯ АУДИТОРНОГО РЕШЕНИЯ:

1. Свеча находится на расстоянии $d = 12,5$ см от собирающей линзы, оптическая сила которой $D = 10$ дптр. Чему равно расстояние от свечи до её изображения?

2. На каком расстоянии от линзы с фокусным расстоянием $F = 12$ см надо поставить предмет, чтобы его действительное изображение было в три раза больше самого предмета?

3. Определить оптическую силу плосковогнутой линзы, сделанной из стекла ($n = 1,56$), если радиус кривизны вогнутой поверхности 40 см.

ЗАДАЧИ ДЛЯ ДОМАШНЕГО РЕШЕНИЯ:

1. Предмет находится в фокальной плоскости рассеивающей линзы с оптической силой $D = -5$ дптр. На каком расстоянии от линзы расположено его изображение? Во сколько раз изображение меньше самого предмета?

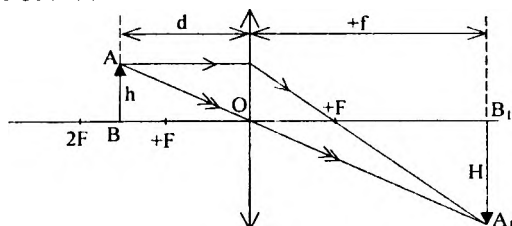
2. На каком расстоянии от двояковыпуклой линзы с оптической силой 2,5 дптр надо поместить предмет, чтобы его изображение получилось на расстоянии 2 м от линзы?

ЗАДАНИЕ №36

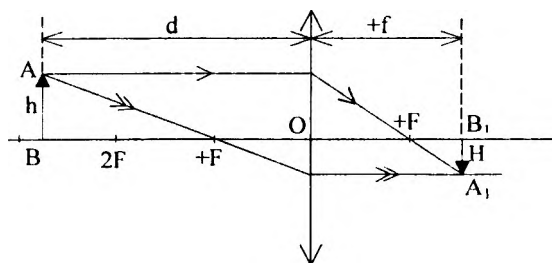
Тема: Оптические приборы.

Контрольная работа по теме: «Геометрическая оптика».

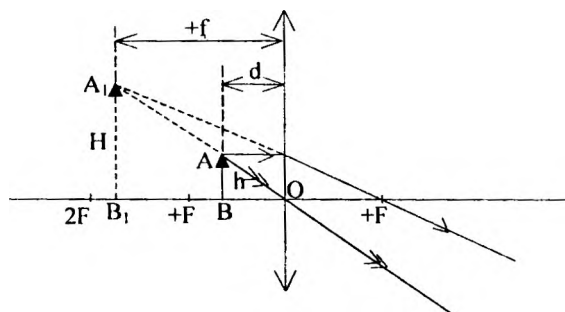
ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ:



Ход лучей в проекционном аппарате, где AB – предмет (диапозитив); A_1B_1 – действительное, увеличенное изображение предмета на экране; O – оптический центр линзы (объектива); F – фокусное расстояние линзы; d – расстояние от предмета до линзы; f – расстояние от изображения (экрана) до линзы; h – линейные размеры предмета; H – линейные размеры изображения.



Ход лучей в фотоаппарате, где A_1B_1 – уменьшенное, действительное изображение предмета на фотопленке.



Ход лучей в лупе, где A_1B_1 – увеличенное, мнимое изображение предмета.

$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}$ – увеличение проекционного аппарата и фотоаппарата.

$\Gamma = \frac{d_0}{F}$ – увеличение лупы, где $d_0 = 25$ см расстояние наилучшего

зрения.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ:

1. По каким формулам определяется линейное увеличение проекционного аппарата, фотоаппарата, лупы?
2. На каком расстоянии помещают предмет по отношению к объективу: а) проекционного аппарата, б) фотоаппарата? По отношению к лупе?
3. Можно ли фотографировать мнимое изображение?

ЗАДАЧА:

Определить оптическую силу лупы, дающей 6-кратное увеличение.

РЕШЕНИЕ:

Увеличение, даваемое лупой, $\Gamma = d_0/F$ или $\Gamma = d_0D$, где d_0 – расстояние наилучшего зрения; D – оптическая сила лупы. Тогда

$$D = \frac{\Gamma}{d_0}; D = \frac{6}{0,25} = 24 \text{ (дптр)}.$$

ЗАДАЧИ ДЛЯ АУДИТОРНОГО РЕШЕНИЯ:

1. Объектив фотоаппарата имеет оптическую силу $D = 50$ дптр. Изображение человека высотой $h = 160$ см получается на плёнке высотой $H = 8$ см. На каком расстоянии от фотоаппарата должен находиться человек?

2. Фокусное расстояние объектива проекционного аппарата $F = 9,5$ см. На каком расстоянии от объектива можно получить на экране изображение, увеличенное в 19 раз?

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ПО ТЕМЕ: «ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИКА»

Вариант 1

1. Перед двояковыпуклой линзой с оптической силой $D = 2,5$ дптр на расстоянии $d = 30$ см находится предмет высотой $h = 20$ см.

Найти фокусное расстояние линзы и высоту изображения предмета ($F = ?$ $H = ?$).

2. Луч направлен из воды в воздух под углом $\alpha = 60^\circ$. Найти угол преломления луча, если показатель преломления воды $n = 1,33$.

Вариант 2

1. Предмет высотой $h = 2$ см помещён перед собирающей линзой на расстоянии $d = 2,5$ см, имеет на экране изображение высотой $H = 8$ см. Найти фокусное расстояние линзы и расстояние от линзы до экрана ($F = ?$ $f = ?$).

2. При переходе световых лучей из вакуума в стекло угол падения $\alpha = 50^\circ$. Найти угол преломления и скорость распространения света в стекле. Показатель преломления стекла равен 1,6.

ЗАДАНИЕ №37

Тема: Волновые свойства света.

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ:

Такие явления, как интерференция, дифракция и дисперсия света, определяют волновые свойства света.

Интерференция волн – наложение в пространстве двух (или нескольких) систем волн, и имеющих одинаковую частоту и неизменную разность фаз в каждой точке пространства.

В результате интерференции в одних точках пространства происходит увеличение, а в других – уменьшение амплитуды результирующей волны. Устойчивую интерференционную картину можно получить только от когерентных источников света, т.е. таких источников, которые излучают световые волны одинаковой частоты с постоянной разностью фаз в каждой точке пространства.

$\Delta_{\max} = k\lambda$ - условие интерференционного максимума, где Δ – оптическая разность хода лучей; λ – длина световой волны в вакууме; $k = 0, 1, 2, \dots$

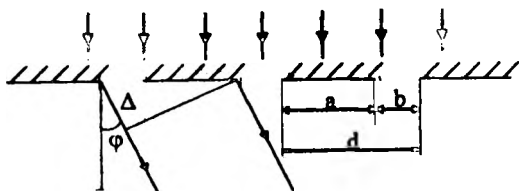
$\Delta_{\min} = (2k + 1)\frac{\lambda}{2}$ - условие интерференционного минимума.

Отклонение световых лучей от прямолинейного пути при прохождении вблизи краев отверстия называется дифракцией света.

Дифракция света наблюдается в случае, когда на пути световой волны встречаются тела или отверстия, размеры которых соизмеримы с длиной световой волны.

Дифракцию света можно наблюдать, например, с помощью дифракционной решетки, для которой имеет место формула.

$d \sin \varphi = m\lambda$ - условие главных максимумов при дифракции на дифракционной решётке, где $d = a + b$ - период решётки, m - порядок максимума ($m = 0; \pm 1; \pm 2 \dots$); φ - угол, под которым наблюдается данный максимум.



Дисперсия – зависимость показателя преломления среды от длины волны распространяющегося света.

$n = \frac{C}{v} = \frac{C}{\lambda \nu}$, где C – скорость света в вакууме, n – абсолютный показатель преломления среды, λ – длина световой волны, v – скорость света в среде, ν – частота колебаний.

ЗАДАЧА:

Сколько штрихов на 1 мм должна иметь дифракционная решетка, если зеленая линия ртути ($\lambda = 646,1$ нм) в спектре первого порядка наблюдается под углом $19^{\circ}08'$?

$$\lambda = 5461 \cdot 10^{-7} \text{ мм}; \quad N = ?$$

$$\varphi = 19^{\circ}08'.$$

РЕШЕНИЕ:

Из формулы дифракционной решетки $n\lambda = (a+b) \sin \varphi$ определим постоянную решетки:

$$a + b = \frac{1}{N} = \frac{n\lambda}{\sin \varphi}; \quad N = \frac{\sin \varphi}{n\lambda};$$

$$N = \frac{0,328}{5461 \cdot 10^{-7}} \approx 600 \text{ (мм}^{-1}\text{)}.$$

ЗАДАЧИ ДЛЯ АУДИТОРНОГО РЕШЕНИЯ:

1. Разность хода лучей двух когерентных источников света с длиной волны в вакууме 600 нм, сходящихся в одной точке, равна 1,5 мкм. Усиление или ослабление света будет наблюдаться в этой точке.
2. Какая частота колебаний соответствует крайним красным ($\lambda_k = 760$ нм) и крайним фиолетовым ($\lambda_f = 400$ нм) лучам видимого света?
3. Длина волны желтых лучей в воздухе 580 нм. Какова длина волны их в воде ($n = 1,33$)?
4. Дифракционная решетка имеет 50 штрихов на миллиметр. Определить углы дифракции для первого $m = 1$ и второго $m = 2$ максимумов монохроматического света длиной волны $\lambda = 0,4$ мкм.

ЗАДАЧИ ДЛЯ ДОМАШНЕГО РЕШЕНИЯ:

1. Показатель преломления воды для красного цвета с длиной волны в вакууме 700 нм равен 1,331, а для фиолетового с длиной волны в вакууме 400 нм. Он составляет 1,343. Найти длины этих волн в воде и скорость их распространения.
2. На дифракционную решетку, период которой равен 12 мкм, нормально падает монохроматическая волна. Определить длину этой волны, если угол между спектрами второго и третьего порядков равен $2^{\circ}30'$.

ЗАДАНИЕ №38

Тема: Законы фотоэффекта.

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ:

Фотоэффект – процесс взаимодействия света с веществом, в результате которого энергия фотонов передается электронам вещества. При внешнем фотоэффекте поглощение фотонов сопровождается вылетом электронов из поверхностного слоя тела, при внутреннем фотоэффекте – перемещением электронов внутри тела.

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} - \text{энергия фотона, где } \nu - \text{частота; } \lambda - \text{длина волны; } c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с} - \text{скорость света в вакууме; } h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} - \text{постоянная Планка.}$$

$$P = mc = \frac{h\nu}{c} - \text{импульс фотона}$$

$$m = \frac{h\nu}{c^2} - \text{масса фотона.}$$

$$h\nu = A + \frac{m\vartheta_{\max}^2}{2} - \text{уравнение Эйнштейна для фотоэффекта, где } A - \text{работа выхода; } m - \text{масса электрона } (m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}); \vartheta_{\max} - \text{максимальная скорость вылетевшего электрона.}$$

$$\frac{m\vartheta_{\max}^2}{2} = eU_3 - U_3 - \text{задерживающий потенциал; } e - \text{заряд электрона}$$

$$(e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}).$$

$$\nu_{\text{кр}} = \frac{c}{\lambda_{\text{кр}}} = \frac{A}{h} - \text{красная граница фотоэффекта, это минимальная частота,}$$

при которой еще наблюдается явление фотоэффекта для данного вещества.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ:

1. От чего зависит энергия фотона?
2. На что расходуется энергия кванта, поглощенного фотоэлектроном?
3. Укажите формулу, определяющую красную границу фотоэффекта.
4. У каких лучей – красных или синих энергия кванта больше?
5. Как можно рассчитать импульс фотона?
6. На разные металлы падают фотоны одинаковой частоты. Одинакова ли скорость электронов, вылетающих из металлов?

ЗАДАЧА:

С какой скоростью вылетают электроны из поверхностного слоя цезия при освещении желтым светом длиной волны 590 нм, если работа выхода 1,89 эВ?

$$\lambda = 590 \text{ нм} = 590 \cdot 10^{-9} \text{ м};$$

$$A = 1,89 \text{ эВ} = 30,2 \cdot 10^{-20} \text{ Дж}.$$

$$\nu - ?$$

$$h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с};$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с};$$

$$m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}.$$

РЕШЕНИЕ:

Энергия фотона расходуется на работу выхода электрона из поверхностного слоя цезия и на сообщение ему кинетической энергии:

$$h \frac{c}{\lambda} = A + \frac{mv^2}{2}.$$

Из данного уравнения определим скорость электрона:

$$v = \sqrt{\frac{2(h \frac{c}{\lambda} - A)}{m}};$$

$$v = \sqrt{\frac{2(6,625 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{590 \cdot 10^{-9}} - 30,2 \cdot 10^{-20})}{9,1 \cdot 10^{-31}}} \approx 2,8 \cdot 10^5 \text{ (м/с)}.$$

ЗАДАЧИ ДЛЯ АУДИТОРНОГО РЕШЕНИЯ:

1. Во сколько раз энергия фотона рентгеновского излучения с длиной волны 0,1 нм больше энергии фотона видимого излучения с длиной волны 0,4 мкм?
2. Найти массу и импульс фотонов для инфракрасных лучей ($\nu = 10^{12} \text{ Гц}$).
3. С какой скоростью вылетает электрон из цезия ($A = 2,9 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$), если металл освещается жёлтым светом с длиной волны $\lambda = 560 \text{ нм}$?

4. Определить задерживающее напряжение, необходимое для прекращения эмиссии электронов с фотокатода, если на его поверхность падает излучение с длиной волны $\lambda = 0,4$ мкм, а красная граница фотоэффекта $\lambda_{кр} = 0,67$ мкм.

ЗАДАЧИ ДЛЯ ДОМАШНЕГО РЕШЕНИЯ:

1. Источник света мощностью $P = 100$ Вт испускает за $t = 1$ с $N = 5 \cdot 10^{20}$ фотонов. Найти среднюю длину волны излучения.

2. Фиолетовый свет длиной волны $\lambda = 0,42$ мкм падает на поверхность калия. Работа выхода электрона из калия $A = 2$ эВ ($1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж). Какую скорость получают выбитые из калия электроны?

ЗАДАНИЕ №39

Тема: Атом. Атомное ядро. Радиоактивность.

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ:

Радиоактивностью называется самопроизвольное превращение одних атомных ядер в другие, сопровождающееся испусканием определенного вида излучения: α -, β - и γ излучение.

Закон радиоактивного распада:

$$\left. \begin{aligned} N &= N_0 2^{-\frac{t}{T}} = N_0 e^{-\lambda t} \\ T &= \frac{\ln 2}{\lambda} \end{aligned} \right\} \quad \text{где,}$$

N_0 – число атомов в начальный момент времени;

N – число атомов в некоторый момент времени;

T – период полураспада (это интервал времени, на протяжении которого радиоактивность убывает в два раза, т.е. $N = \frac{N_0}{2}$);

λ – постоянная радиоактивного распада.

Планетарная модель атома Резерфорда. Атом состоит из очень маленького массивного, положительно заряженного ядра и электронов, обращающихся по орбитам вокруг ядра. Заряд ядра равен заряду электронов, поэтому атом в целом нейтрален.

Согласно этой модели электрон вращаясь должен излучать энергию, энергия электрона уменьшается и он должен упасть на ядро, т.е. атом исчезнет.

При этом спектр излучения должен быть сплошным, в то время как наблюдали линейчатый спектр.

Для разрешения этих противоречий Н. Бор предложил три постулата:

1. Существуют некоторые стационарные состояния атома, находясь в которых, он не излучает энергию.

2. Энергия излучается или поглощается лишь при переходе из одного стационарного состояния в другое, причем строго определенными порциями (квантами).
3. Возможен лишь дискретный ряд орбит (стационарные орбиты), по которым электрон может двигаться с определенными скоростями.

$h\nu = E_2 - E_1$, где E_2, E_1 – энергия атома в соответствующих стационарных состояниях, ν – частота излучения.

$h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с – постоянная Планка.

Энергия необходимая для расщепления ядра на составляющие его нуклоны называется энергией связи ядра.

$E_{св} = \Delta m \cdot c^2$, где Δm – дефект массы атомного ядра.

$\Delta m = Zm_p + Nm_n - M_{\alpha}$, где Z – число протонов; m_p – масса протона; N – число нейтронов; m_n – масса нейтрона; M_{α} – масса ядра.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ:

1. Что называется естественной радиоактивностью?
2. Укажите состав радиоактивного излучения?
3. Как располагаются электроны вокруг атомного ядра?
4. Как определяется частота излучаемая атомом при переходе его из одного стационарного состояния в другое?
5. Из каких частиц состоит ядро?
6. Что такое энергия связи ядра?

ЗАДАЧА:

При переходе электрона в атоме водорода с 4-й стационарной орбиты на 2-ю излучается фотон, дающий зеленую линию в спектре водорода. Определить длину волны этой линии, если при излучении фотона атом теряет энергию 2,53 эВ.

$$\epsilon = 2,53 \text{ эВ} = 40,48 \cdot 10^{-20} \text{ Дж.}$$

$$\lambda - ?$$

$$h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ Дж·с;}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с.}$$

РЕШЕНИЕ:

Атом теряет энергию, равную энергии излученного фотона. Энергия фотона

$$\epsilon = h \frac{c}{\lambda}, \text{ откуда } \lambda = \frac{hc}{\epsilon};$$

$$\lambda = 6,625 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{40,48 \cdot 10^{-20}} \approx 0,49 \cdot 10^{-6} \text{ (м)} = 0,49 \text{ (мкм)}.$$

ЗАДАЧИ ДЛЯ АУДИТОРНОГО РЕШЕНИЯ:

1. Количество радиоактивного радона уменьшилось в 8 раз за 11,4 суток. Определить период полураспада радона.
2. Определить энергию связи ядра атома гелия ${}^4_2\text{He}$.

3. При облучении паров ртути электронами энергия ртути увеличилась на 4,9 эВ. Какую длину будет излучать атом ртути при переходе в основное состояние?

ЗАДАЧИ ДЛЯ ДОМАШНЕГО РЕШЕНИЯ:

1. Какую энергию следует затратить, чтобы разделить ядро атома лития ${}^7_3\text{Li}$ на составляющие его протоны и нейтроны?
2. Период полураспада ядер изотопа йода ${}^{131}_{53}\text{I}$ 8 суток. Сколько радиоактивных ядер останется в образце через 80 суток, если начальная масса образца 40 г?

ЗАДАНИЕ №40

Тема: Элементарные частицы. Основы дозиметрии.

Контрольная работа по теме:

«Световые кванты. Атом и атомное ядро».

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ:

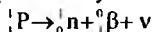
Элементарные частицы – это частицы, на которые можно разделить атом, атомное ядро или частицы, которые образуются при столкновении частиц, имеющих большую кинетическую энергию, с ядрами или другими частицами.

Существуют стабильные частицы. К ним относятся фотон, электрон, протон и нейтрино. Остальные частицы нестабильные.

К нестабильным частицам относится нейтрон. Существуют три античастицы для стабильных частиц: антипротон, позитрон и антинейтрино.

Частицы при встрече с соответствующими им античастицами образуют фотоны или другие частицы. Этот процесс называется аннигиляцией.

Общим свойством всех элементарных частиц является свойство их взаимного превращения. Примером может быть превращение в ядре протона в нейтрон с испусканием позитрона и нейтрино.



Для характеристики действия ионизирующего излучения вводятся дозиметрические величины.

$D = \frac{E}{m}$ – поглощенная доза ионизирующего излучения, где E – поглощенная веществом энергия излучения; m – масса вещества.

Единица измерения в СИ Грей (Гр). $1 \text{ Гр} = \frac{1 \text{ Дж}}{1 \text{ кг}}$

$X = \frac{q}{m}$ – экспозиционная доза, где q – электрический заряд ионов одного знака, возникающих в сухом воздухе при его облучении фотонами; m – масса воздуха.

$H = kD$ – эквивалентная доза, где D – поглощенная доза; k – коэффициент качества.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ:

1. Что в настоящее время понимают под элементарной частицей?
2. В чем состоит явление аннигиляции пары «частица - античастица»?
3. Какими общими свойствами обладают элементарные частицы?
4. На какие частицы распадается протон?
5. Какие дозы радиоактивного излучения вводятся?

ЗАДАЧИ ДЛЯ АУДИТОРНОГО РЕШЕНИЯ:

1. Антипротон аннигилирует с протоном. В результате образуется 3 мезона равной энергии. Какова энергия полученная каждым мезоном?
2. Мощность дозы γ излучения 0,2 мГр/ч. Сколько часов может работать человек в этой зоне, если допустимой является доза 0,25 Гр?

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА: «Световые кванты. Атом и атомное ядро»

Вариант 1

1. С какой скоростью вылетает электрон из калия, если металл освещается светом с длиной волны $\lambda = 600$ нм ($A = 3,2 \cdot 10^{-19}$ Дж)?
2. Во сколько раз энергия фотона, соответствующая γ -излучению с частотой $\nu_1 = 3 \cdot 10^{19}$ Гц, больше энергии фотона видимого света с длиной волны $\lambda_2 = 500$ нм? Определить массу этих фотонов.

Вариант 2

1. При переходе электрона в атоме водорода с четвёртой стационарной орбиты на 2-ю излучается зелёная линия водородного спектра. При этом излучении атом теряет энергию $E_4 - E_2 = 12,5$ эВ ($1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж). Определить длину волны этой линии.
2. Работа выхода для калия равна 2 эВ. Какой частоты свет следует направить на поверхность калия, чтобы максимальная скорость фотоэлектронов равнялась 3000 км/с?

ПРИЛОЖЕНИЯ

Табл. 1 Основные и дополнительные единицы Международной Системы единиц (ГОСТ 9867-61)

Наименование величины	Единица измерения	Сокращенное обозначение единицы измерения	
		русское	международное
Основные единицы			
Длина	метр	м	m
Масса	килограмм	кг	Kg
Время	секунда	с	S
Сила электрического тока	ампер	A	A
Термодинамическая температура	градус Кельвина	K	K
Сила света	кандела	кд	cd
Дополнительные единицы			
Плоский угол	радиан	рад	rad
Телесный угол	стерадиан	ср	sr

Табл. 2. Множители и приставки для образования кратных и дольных единиц и их наименований

Множитель	наименование	Приставка	
		русское	международное
$1\ 000\ 000\ 000\ 000 = 10^{12}$	тера	T	T
$1\ 000\ 000\ 000 = 10^9$	гига	Г	G
$1\ 000\ 000 = 10^6$	мега	M	M
$1000 = 10^3$	кило	к	K
$100 = 10^2$	(гекто)	г	H
$10 = 10^1$	(дека)	да	da
$0,1 = 10^{-1}$	(деци)	д	d
$0,01 = 10^{-2}$	(санتي)	с	c
$0,001 = 10^{-3}$	милли	м	m
$0,000\ 001 = 10^{-6}$	микро	мк	μ
$0,000\ 000\ 001 = 10^{-9}$	нано	н	n
$0,000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-12}$	пико	п	p
$0,000\ 000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-15}$	фемто	ф	f
$0,000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-16}$	атто	а	a

Примечание. В скобках указаны приставки, которые допускается применять только в наименованиях кратных и дольных единиц, уже получивших широкое применение (например, гектар, декалитр, дециметр, сантиметр).

Табл. 3. Единицы механических величин

Наименование величины	Единица измерения	Сокращенное обозначение единицы измерения	
		русское	международное
Площадь	квадратный метр	м ²	м ²
Объем	кубический метр	м ³	м ³
Частота	герц	Гц	Hz
Плотность (объемная масса)	килограмм на кубический метр	кг/м ³	kg/m ³
Скорость	метр в секунду	м/с	m/s
Угловая скорость	радиан в секунду	рад/с	rad/s
Ускорение	метр на секунду в квадрате	м/с ²	m/s ²
Угловое ускорение	радиан на секунду в квадрате	рад/с ²	rad/s ²
Сила	ньютон	Н	N
Импульс силы	ньютон-секунда	Н · с	N · s
Давление (механическое напряжение)	паскаль	Па	Pa
Момент инерции	килограмм-метр в квадрате	кг · м ²	kg · m ²
Удельный вес	ньютон на кубический метр	Н/м ³	N/m ³
Работа, энергия	джоуль	Дж	J
Мощность	ватт	Вт	W

Табл. 4. Единицы величин молекулярной физики термодинамики

Наименование величины	Единица измерения	Сокращенное обозначение единицы измерения	
		русское	международное
Количество теплоты, внутренняя энергия	джоуль	Дж	J
Теплоемкость	джоуль на Кельвин	Дж/К	J/K
Удельная теплоемкость	джоуль на килограмм- Кельвин	Дж/(кг · К)	J/(kg · K)
Удельная теплота (фазового)	джоуль на килограмм	Дж/кг	J/kg

превращения; химической реакции)			
Температурный градиент	кельвин на метр	К/м	К/м
Коэффициент линейного объемного) расширения (и	кельвин в минус первой степени	К ⁻¹	К ⁻¹
Теплота сгорания	джоуль на килограмм	Дж/кг	Ј/kg

Табл. 5. Единицы электрических и магнитных величин

Наименование величины	Единица измерения	Сокращенное обозначение единицы измерения	
		русское	Международ ное
Количество электричества, электрический заряд	кулон	Кл	С
Электрическое смещение (электрическая индукция)	кулон на квадратный метр	Кл/м ²	С/м ²
Поток электрической индукции	кулон	Кл	С
Электрическое напряжение, разность электрических потенциалов, электродвижущая сила	вольт	В	У
Напряженность электрического поля	вольт на метр	В/м	У/м
Электрическое сопротивление	ом	Ом	Ω
Электрическая проводимость	сименс	См	Ѕ
Электрическая емкость	фарада	Ф	Ѕ
Поток магнитной индукции	вебер	Вб	Уб

Индуктивность	генри	Г	Н
Магнитная индукция	тесла	Т	Т
Напряженность магнитного поля	ампер на метр	А/м	А/м
Активная мощность	ватт	Вт	W
Полная мощность	вольт-ампер	В·А	V·A
Диэлектрическая проницаемость	безразмерная величина		
Магнитная проницаемость	безразмерная величина		

Табл. 6. Некоторые физические величины

Ускорение свободного падения (при решении задач принимать)	$9,80665 \text{ м/с}^2$ $9,8 \text{ м/с}^2$
Средний радиус Земли	6400 км
Масса Земли	$5,96 \cdot 10^{24} \text{ кг}$
Среднее расстояние от Земли до Солнца	$1,5 \cdot 10^8 \text{ км}$
Гравитационная постоянная	$6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 / (\text{кг} \cdot \text{с}^2)$
Абсолютный нуль температуры (при решении задач принимать)	$-273,15^0 \text{ C}$ -273^0 C
Число Авогадро	$6,025 \cdot 10^{26} \text{ кмоль}^{-1}$
Число Лошмидта	$2,69 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$
Масса электрона	$9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$
Заряд электрона	$1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
Число Фарадея	$9,65 \cdot 10^7 \text{ Кл/кмоль}$
Постоянная Планка	$6,625 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$
Скорость света в вакууме (при решении задач принимать)	$2,99793 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ $3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
Скорость звука в воздухе при 0^0 C	332 м/с
Масса протона	$1,6724 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Масса нейтрона	$1,6746 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 1,00899 \text{ а.е.м.}$
Масса α -частицы (ядро атома гелия)	$6,644 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Атомная единица массы (а.е.м.)	$1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$

Табл. 7. Плотность ($\times 10^3 \text{ кг/м}^3$)
Твердые тела (при температуре $15 - 20^0 \text{ C}$)

Алмаз	3,5	Никелин	8,5
Алюминий	2,7	Никель	8,9
Бетон	2,2	Олово	7,3
Вольфрам	19,3	Парафин	0,9
Гранит	2,6	Пенопласт	0,02 – 0,10

Древесина сухая:		Платина	21,5
береза	0,7	Плексиглаз	1,2
дуб	0,8	(органическое стекло)	
сосна	0,5	Полиэтилен	0,9
Железо	7,9	Пробка	0,2
Золото	19,3	Свинец	11,3
Иридий	22,4	Серебро	10,5
Кирпич	1,8	Сталь	7,8
Латунь	8,5	Стекло (бутылочное)	2,7
Лед	0,9	Стекло (оконное)	2,5
Медь	8,9	Уран	19,1
Мел	2,4	Чугун	7,0 – 7,8
Мрамор	2,7		

Жидкости (при температуре 15 – 20°С)

Бензин	0,70	Раствор медного купороса (насыщенный)	1,15
Вода (4° С)	1,00	Ртуть: при 0° С	13,6
Вода морская	1,03	при 20° С	13,55
Воздух жидкий (-194° С)	0,86	при 50° С	13,47
Глицерин	1,26	Скипидар	0,87
Керосин	0,80	Спирт	0,80
Масло (смазочное)	0,90		
Нефть	0,80		

Табл. 8. Удельные теплоемкости твердых и жидких тел ($\times 10^3$ Дж/(кг·К))

Алюминий	0,88	Молоко	3,9
Бетон	0,88	Никель	0,46
Вода	4,19	Олово	0,2
Глицерин	2,4	Парафин	3,2
Дерево (ель, сосна)	2,7	Полиэтилен	2,3
Железо	0,46	Пробка	2,0
Железо (при 1530-3000° С)	0,83	Ртуть	0,1
Золото	0,1	Свинец	0,1
Керосин	2,1	Серебро	0,2

Кирпич	0,75	Спирт	2,4
Латунь	0,4	Сталь	0,46
Лед	2,1	Стекло	0,83
Мазут	2	Цинк	0,4
Масло машинное	2,1	Чугун	0,54
Медь	0,4	Эфир	2,3

Табл. 9. Теплота сгорания топлива ($\times 10^7$ Дж/кг)

Бензин	4,6	Лигроин	4,33
Бурый уголь (подмосковный)	0,993	Мазут	4
Дизельное горючее	4	Нефть	46
Дрова сухие	0,83	Порох	0,38
Каменный уголь	3	Спирт	3
Керосин	4,6	Торф	1,5
Кокс	3	Условное топливо	3
		Чурки древесные	1,5

Табл. 10. Теплота сгорания топлива (горючая смесь и горючий газ)
($\times 10^7$ Дж/кг)

Горючая смесь (1 кг горючего на 15 кг воздуха)	10^7 Дж/кг	Горючий газ	10^7 Дж/кг
Бензин	0,3	Коксовый	2
Нефть	0,283	Природный	3,6
Керосин	0,28	Светильный	2,1
Спирт	0,26		

Табл. 11. Температура плавления вещества (при давлении $1,01 \cdot 10^5$ Па), $^{\circ}\text{C}$

Алюминий	658	Поваренная соль	770
Вода морская	-2,5	Ртуть	-39
Вода чистая	0	Свинец	327
Вольфрам	3380	Серебро	960
Воск	64	Спирт	-117
Железо	1535	Сплав Вуда	70
Латунь	1000	Сталь	1400
Медь	1083	Цинк	420
Нафталин	80	Чугун	1150
Олово	232		

Табл. 12. Удельная теплота плавления вещества ($\times 10^5$ Дж/кг)

Алюминий	3,8	Ртуть	0,1
Железо	2,7	Свинец	0,3
Лед	3,3	Серебро	0,87
Медь	1,8	Сталь	0,8
Нафталин	1,5	Цинк	1,2
Олово	0,58	Чугун белый	1,4
Парафин	1,5	Чугун серый	0,96

Табл. 13. Температура кипения вещества (при давлении $1,01 \cdot 10^5$ Па), $^{\circ}\text{C}$

Азот	-196	Нафта	230
Алюминий	2330	Нафталин	218
Аргон	-186	Неон	-246
Бензин	150	Олово	2337
Вода	100	Парафин	390
Водород	-253	Ртуть	357
Гелий	-269	Свинец	1750
Железо	3050	Соляр	400
Кислород	-183	Спирт	78
Лигроин	200	Цинк	907
Льняное масло	316	Эфир	35
Медь	2582		

Табл. 14. Удельная теплота парообразования и конденсации жидкости при точке кипения ($\times 10^5$ Дж/кг)

Аммиак	13,6	Скипидар	3
Вода	22,6	Спирт	8,50
Железо	0,580	Ртуть	3,0
Сероуглерод	3,5	Эфир	3,5

Табл. 15. Удельная теплота парообразования воды при различных температурах

Температура, $^{\circ}\text{C}$	10^5 Дж/кг	Температура, $^{\circ}\text{C}$	10^5 Дж/кг
0	24,8	200	19,5
20	24,3	250	17,0
50	23,7	300	14
70	23,2	350	88
100	22,6	374	0
150	21,1		

Табл. 16. Диэлектрическая проницаемость вещества

Вещество	$\epsilon_{отн}$	$\epsilon, \Phi/м$	Вещество	$\epsilon_{отн}$	$\epsilon, \Phi/м$
Вода	81	$71 \cdot 10^{-11}$	Плексиглас	3,3	$2,9 \cdot 10^{-11}$
Воздух	1,0006	$0,855 \cdot 10^{-11}$	Скипидар	2,2	$1,9 \cdot 10^{-11}$
Керосин	2,1	$1,9 \cdot 10^{-11}$	Слюда	6,0	$5,3 \cdot 10^{-11}$
Масло трансформаторное	2,2	$1,9 \cdot 10^{-11}$	Стекло	7,0	$6,2 \cdot 10^{-11}$
Парафин	2,1	$1,9 \cdot 10^{-11}$	Титанит бария	1200	$1100 \cdot 10^{-11}$
Парафинированная бумага	2,2	$1,9 \cdot 10^{-11}$	Эбонит	4,3	$3,8 \cdot 10^{-11}$
			Янтарь	2,8	$2,5 \cdot 10^{-11}$

Табл. 17. Удельное сопротивление ρ (10^{-6} Ом · м) и температурный коэффициент сопротивления α

Вещество	ρ	α	Вещество	ρ	α
Алюминий	0,028	0,004	Платина	0,10	0,004
Вольфрам	0,055	0,0051	Ртуть	0,958	0,0009
Константан	0,48	0,00002	Свинец	0,21	0,004
Латунь	0,071	0,001	Серебро	0,016	0,004
Манганин	0,45	0,00003	Сталь	0,12	0,006
Медь	0,017	0,0043	Фехраль	1,2	0,0002
Никелин	0,42	0,0001	Цинк	0,060	0,004
Нихром	1,1	0,0001			

Табл. 18. Электрохимический эквивалент (10^{-6} кг/Кл)

Алюминий (Al)	0,093	Натрий (Na)	0,238
Водород (H)	0,01045	Никель (Ni)	0,30
Железо (Fe)	0,29	Свинец (Pb)	1,074
Железо (Fe)	0,19	Серебро (Ag)	1,118
Золото (Au)	0,68	Хлор (Cl)	0,367
Кислород (O)	0,0829	Цинк (Zn)	0,34
Медь (Cu)	0,33		

Табл. 19. Показатель преломления вещества

Алмаз	2,42	Плексиглас	1,50
Вода	1,33	Сероуглерод	1,63
Воздух	1,00029	Скипидар	1,47
Глицерин	1,47	Спирт этиловый	1,36
Каменная соль	1,54	Стекло (легкий крон)	1,57
Кварц	1,54	Стекло (тяжелый)	1,80

		флинт)	
Кедровое масло	1,52	Лед	1,31

Табл. 20. Массы некоторых изотопов в атомных единицах массы (а. е. м.)

${}^1_1\text{H}$	1,00814	${}^{10}_5\text{B}$	10,01612
${}^2_1\text{H}$	2,01474	${}^{12}_6\text{C}$	12,00380
${}^3_1\text{H}$	3,01700	${}^{14}_7\text{N}$	14,00752
${}^4_2\text{He}$	4,00388	${}^{17}_8\text{O}$	17,00453
${}^7_3\text{Li}$	7,01823	${}^{235}_{92}\text{U}$	235,11750
${}^9_4\text{Be}$	9,011505	${}^{238}_{92}\text{U}$	238,12376

ЛИТЕРАТУРА

- Аксенович Л.А., Жаврид С.М., Медведь И.Н. Физика. Практические занятия. – Мн.: Высш. шк., 1999.
- Евграфова Н.Н., Каган В.Л. Курс физики для подготовительных отделений вузов. – М.: Высш. шк., 1984.
- Кикоин И.К., Кикоин А.К. Физика. – М.: Просвещение, 1986.
- Мясников С.П., Осанова Т.Н. Пособие по физике. – М.: Высш. шк., 1981.
- Рымкевич А.П. Сборник задач по физике. – М.: Просвещение, 1988.
- Тульчинский М.Е. Качественные задачи по физике. – М.: Просвещение, 1972.
- Цедрик М.С. и др. Пособие по физике для поступающих в вузе. – Мн.: Высш. шк., 1978.

Учебное издание
Клименок Михаил Федотович

**ФИЗИКА.
ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ.**

пособие

Редактор А.П. Баранов
Технический редактор И.А. Борисов
Компьютерная верстка А.Г. Ласица

Подписано к печати 19.12.11. Формат бумаги 64х84 1/16.
Бумага типографская №2. Гарнитура Times Усл. печ. л. 6,28
Уч. – изд. л. 4,7 Тираж 100 экз. Заказ № 1041
Издатель и полиграфическое исполнение УО «Витебский государственный
медицинский университет»
ЛИ № 02330/0549444 от 08.04.09.

Опечатано на ризографе в Витебском государственном медицинском университете.
210602, Витебск, пр. Фрунзе, 27
Тел. (8-0212) 261966

